(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년10월07일
(11) 등록번호 10-2028927
(24) 등록일자 2019년09월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 33/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7023329
(22) 출원일자(국제) 2013년01월11일
심사청구일자 2017년12월29일
(85) 번역문제출일자 2014년08월21일
(65) 공개번호 10-2014-0133826
(43) 공개일자 2014년11월20일
(86) 국제출원번호 PCT/US2013/021143
(87) 국제공개번호 WO 2013/122702
국제공개일자 2013년08월22일
(30) 우선권주장
13/398,127 2012년02월16일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020090084862 A
KR1020070030130 A
US20100321105 A1
JP2008513762 A

(73) 특허권자
알레그로 마이크로시스템스, 엘엘씨
미국 03103-3353 뉴햄프셔주 맨체스터 페리미터 로드 955
(72) 발명자
세사레티, 주안, 마뉴엘
아르헨티나 1425 시우다드 데 부에노스 아이레스 이로 비 라비그나니 2360
로메로, 헤르난, 디.
아르헨티나 1636 피시아. 부에노스 아이레스 비센테 로페즈 엠. 모레노 2151
(74) 대리인
박영우

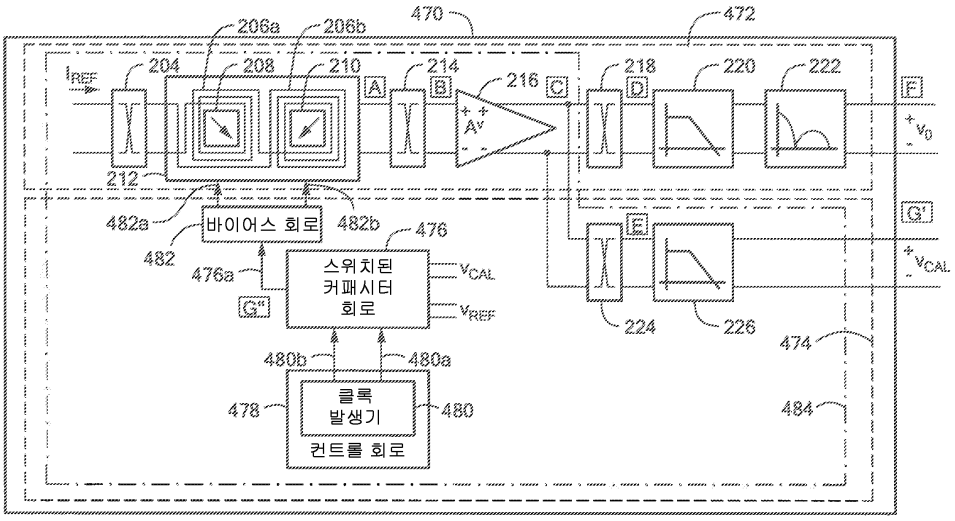
전체 청구항 수 : 총 50 항 심사관 : 오용균

(54) 발명의 명칭 **조절 가능한 시상수를 갖는 자기장 센서를 자기 보정 또는 자기 시험하기 위한 조절 가능한 피드백을 이용한 회로들 및 방법들**

(57) 요 약

자기장 센서는 자기장 센서의 회로부의 자기 시험 또는 자기 보정을 가능하게 하는 기준장-센싱 회로 채널을 포함한다. 상기 자기 시험 또는 자기 보정은 자기 시험 또는 자기 보정의 각기 적어도 두 개의 다른 속도들을 제공하는 적어도 두 개의 다른 대역폭들을 가질 수 있다.

대 표 도 - 도25



명 세 서

청구범위

청구항 1

자기장에 반응하여 자기장 신호를 발생시키도록 구성되는 자기장 센싱 요소;

상기 자기장 신호를 수신하고 처리하도록 연결되며, 회로 정수(circuit parameter)를 포함하는 일차 회로 경로(primary circuit path);

제1 시간 간격 동안에 제1 재분배 클록 주파수를 갖고 제2 시간 간격 동안에 다른 제2 재분배 클록 주파수를 갖는 재분배 클록 신호(redistribution clock signal)를 발생시키도록 구성되는 클록 주파수 발생기(clock frequency generator);

상기 일차 회로 경로에 양 단부들에서 연결되며, 피드백 루프(feedback loop)를 형성하는 피드백 회로 경로(feedback circuit path)를 포함하며, 상기 피드백 회로 경로는,

상기 재분배 클록 신호를 수신하도록 연결되는 스위치된 커패시터 회로(switched capacitor circuit)를 포함하고, 상기 스위치된 커패시터 회로는 적분기(integrator)를 형성하며, 상기 스위치된 커패시터 회로는 상기 제1 시간 간격 동안에 상기 제1 재분배 클록 주파수에 관련된 제1 단일 이득 주파수(unity gain frequency)를 갖고 상기 제2 시간 간격 동안에 상기 제2 재분배 클록 주파수에 관련된 제2 단일 이득 주파수를 갖는 선택 가능한 단일 이득 주파수를 포함하고, 상기 피드백 회로 경로는 상기 제1 및 제2 단일 이득 주파수들과 관련된 제1 및 제2 속도들로 상기 회로 정수를 보정하기 위해 연결되는 출력 신호를 발생시키도록 구성되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 클록 주파수 발생기는 상기 제1 및 제2 시간 간격들 동안에 샘플 클록 주파수를 갖는 샘플 클록 신호를 발생시키도록 구성되고, 상기 스위치된 커패시터 회로는 노치(notch) 특성을 더 포함하며, 상기 노치 특성은 상기 제1 및 제2 재분배 클록 주파수들에 관련된 노치 주파수를 가지는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 제2 재분배 클록 주파수는 상기 제1 재분배 클록 주파수 보다 낮은 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 4

제 2 항에 있어서, 상기 클록 주파수 발생기는 각각의 둘 이상의 다른 시간들에서 상기 스위치된 커패시터 회로의 두 단일 이득 주파수들 보다 각기 크고, 상기 회로 정수의 보정의 두 속도들 보다 각기 크게 되는 둘 이상의 재분배 클록 주파수들을 갖는 상기 재분배 클록 신호를 발생시키도록 구성되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 5

제 2 항에 있어서, 상기 제1 시간 간격은 상기 자기장 센서의 시동에 가까운 시간에서 시작되며, 상기 제2 시간 간격은 상기 제1 시간 간격의 끝에 가까운 시간에서 시작되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 6

제 2 항에 있어서, 상기 자기장 센서는 표적 물체(target object)에 근접하여 배치되고, 상기 자기장 센서는 상기 표적 물체의 이동을 감지하도록 구성되며, 상기 제1 시간 간격은 상기 표적 물체의 제1 이동에 가까운 시간에서 시작되고, 상기 제2 시간 간격은 상기 제1 시간 간격의 끝에 가까운 시간에서 시작되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 7

제 2 항에 있어서, 상기 피드백 회로 경로에 의해 보정되는 상기 회로 정수는 상기 자기장에 대한 상기 일차 회로 경로의 감도를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 전압 신호 또는 전류 신호를 발생시키도록 구성되는 구동 회로(drive circuit)를 더 포함하고, 상기 자기장 센싱 요소는 상기 전압 신호 또는 상기 전류 신호를 수신하도록 연결되며, 상기 피드백 회로 경로는 상기 자기장에 대한 상기 일차 회로 경로의 감도를 보정하도록 상기 전압 신호 또는 상기 전류 신호를 제어하게 구성되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 9

제 2 항에 있어서, 상기 피드백 회로 경로에 의해 보정되는 상기 회로 정수는 상기 일차 회로 경로의 오프셋 전압(offset voltage)을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 전자 회로가 컨트롤 전압을 발생시키도록 구성되는 오프셋 회로를 더 포함하고, 상기 일차 회로 경로는 상기 컨트롤 전압을 수신하도록 연결되는 증폭기를 더 포함하며, 상기 피드백 회로 경로는 상기 일차 회로 경로의 오프셋 전압을 보정하도록 상기 컨트롤 전압을 제어하게 구성되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 11

제 2 항에 있어서, 상기 제1 단일 이득 주파수 및 상기 제2 단일 이득 주파수는 루프 안정도(loop stability)를 제공하도록 선택되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 12

제 2 항에 있어서, 상기 자기장 센싱 요소는 적어도 2개의 홀 효과(Hall effect) 요소들을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 13

제 2 항에 있어서, 상기 자기장 센싱 요소는 적어도 2개의 자기저항(magnetoresistance) 요소들을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 14

제 2 항에 있어서, 상기 자기장 센싱 요소는 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들을 포함하며, 상기 일차 회로 경로는,

상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들에 연결되는 제1 스위칭 회로를 더 포함하고, 상기 제1 스위칭 회로는 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들을 측정장(measured-field) 센싱 구성 내로 및 기준장(reference-field)-센싱 구성 내로 연결하도록 구성되며, 상기 제1 스위칭 회로는 상기 자기장 신호를 제공하도록 상기 측정장-센싱 구성과 상기 기준장-센싱 구성 사이에서 교대로 제1 스위칭 속도로 스위치를 전환하게 동작 가능하고, 상기 제1 스위칭 회로는 상기 자기장 신호를 발생시키도록 구성되며, 상기 자기장 신호는,

상기 측정장-센싱 구성 내에 연결될 때에 측정된 자기장에 반응하는 측정된 자기장-반응 신호 부분; 및

상기 기준장-센싱 구성 내에 연결될 때에 기준 자기장에 반응하는 기준 자기장-반응 신호 부분을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 15

제 14 항에 있어서, 상기 기준 자기장은 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들의 선택된 하나들의 위치들에서 대향하는 방향들로 향하는 제1 및 제2 기준 자기장들을 포함하며, 상기 자기장 센서는,

상기 제1 및 제2 기준 자기장들을 발생시키도록 동작 가능한 자기장 발생기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 자기장 발생기는,

각기 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들의 각 하나에 근접하는 적어도 2개의 기준장 도체 부분들을 포함하고, 상기 적어도 2개의 기준장 도체 부분들은 상기 기준 자기장을 발생시키도록 기준 전류를 운반하게 구성되며, 상기 기준 자기장은 대향하는 방향들로 향하는 각각의 자기장 방향들을 갖는 적어도 두 자기장 부분들을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 17

제 16 항에 있어서, 상기 일차 회로 경로는,

상기 기준 전류를 제공하도록 구성되는 제2 스위칭 회로를 더 포함하고, 상기 제2 스위칭 회로는 제1 기준 전류 방향과 대향하는 제2 기준 전류 방향 사이에서 상기 기준 전류를 상기 제1 스위칭 속도와 동기적으로 교대로 스위치하도록 동작 가능한 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 18

제 16 항에 있어서, 상기 자기장 신호는 측정 시간 간격들 동안에 상기 측정된 자기장-반응 신호 부분을 나타내고, 상기 제1 스위칭 속도에 동기적인 속도에서 상기 측정 시간 간격들과 교차 배치되는 기준 시간 간격들 동안에 상기 기준 자기장-반응 신호 부분을 나타내며,

상기 일차 회로 경로는 상기 측정 시간 간격들 동안에 상기 측정된 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 신호를 선택하고 처리하도록 시간 다중화(time multiplexed)되고,

상기 피드백 회로 경로는 상기 기준 시간 간격들 동안에 상기 기준 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 신호를 선택하고 처리하도록 시간 다중화되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 19

제 18 항에 있어서, 상기 일차 회로 경로는 상기 측정된 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 제1 센서 출력 신호를 발생시키도록 구성되며, 상기 피드백 회로 경로는 상기 기준 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 다른 제2 센서 출력 신호를 발생시키도록 구성되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 20

제 16 항에 있어서, 상기 제1 스위칭 회로는 상기 기준장-센싱 구성 내에 연결될 때에 자기장에 대한 반응들의 각각의 대향하는 방향들을 가지도록 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들을 연결하게 구성되며, 상기 제1 스위칭 회로는 상기 측정장-센싱 구성 내에 연결될 때에 자기장에 대한 반응들의 각기 동일한 방향들을 가지도록 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들을 연결하게 구성되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 21

제 16 항에 있어서, 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들은 기판에 의해 지지되며, 상기 적어도 2개의 기준장 도체 부분들은 상기 기판에 의해 지지되고 상기 자기장 센싱 요소에 근접하는 도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 22

제 21 항에 있어서, 상기 적어도 2개의 기준장 도체 부분들은 상기 기판에 의해 지지되는 하나 이상의 금속층을 가로지르는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 23

제 16 항에 있어서, 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들은 기판에 의해 지지되며, 상기 적어도 2개의 기준장 도체 부분들은 상기 기판으로부터 분리되지만 근접하는 도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 24

제 16 항에 있어서, 상기 측정된 자기장은 측정된 전류 도체에 의해 운반되는 측정된 전류에 의해 발생되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 25

자기장 센서의 보정의 속도 또는 자기 시험의 속도를 조절하는 방법에 있어서,

자기장 센싱 요소로 자기장에 반응하여 자기장 신호를 발생시키는 단계;

회로 정수를 포함하는 일차 회로 경로로 상기 자기장 신호를 수신하고 처리하는 단계;

제1 시간 간격 동안에 제1 재분배 클록 주파수를 갖고 제2 시간 간격 동안에 제2 재분배 클록 주파수를 갖는 재분배 클록 신호를 발생시키는 단계; 및

상기 일차 회로 경로에 양 단부들에서 연결되고 피드백 루프를 형성하는 피드백 회로 경로로 상기 회로 정수를 보정하도록 출력 신호를 발생시키는 단계를 포함하며, 상기 피드백 회로 경로는,

상기 재분배 클록 신호를 수신하도록 연결되는 스위치된 커패시터 회로를 포함하고, 상기 스위치된 커패시터 회로는 적분기를 형성하며, 상기 스위치된 커패시터 회로는, 상기 제1 시간 간격 동안에 상기 제1 재분배 클록 주파수에 관련된 제1 단일 이득 주파수를 가지고, 상기 제2 시간 간격 동안에 상기 제2 재분배 클록 주파수에 관련된 제2 단일 이득 주파수를 갖는 선택 가능한 단일 이득 주파수를 포함하며, 상기 출력 신호는 상기 제1 및 제2 단일 이득 주파수들과 관련된 제1 및 제2 속도들로 상기 회로 정수를 보정하도록 동작할 수 있는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 26

제 25 항에 있어서,

상기 제1 및 제2 시간 간격들 동안에 샘플 클록 주파수를 갖는 샘플 클록 신호를 발생시키는 단계를 더 포함하며, 상기 스위치된 커패시터 회로는 상기 샘플 클록 신호를 수신하도록 연결되고, 상기 스위치된 커패시터 회로는 노치 특성을 더 포함하며, 상기 노치 특성은 상기 재분배 클록 신호에 관련된 노치 주파수를 갖는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 27

제 26 항에 있어서, 상기 제2 재분배 클록 주파수는 상기 제1 재분배 클록 주파수 보다 낮은 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 28

제 26 항에 있어서, 상기 재분배 클록 신호를 발생시키는 단계는,

각각의 둘 이상의 다른 시간들에서 상기 스위치된 커패시터 회로의 두 단일 이득 주파수들 보다 각기 크고, 상기 회로 정수의 보정의 두 속도들 보다 각기 크게 되는 둘 이상의 재분배 클록 주파수들을 갖는 상기 재분배 클록 신호를 발생시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 29

제 26 항에 있어서, 상기 제1 시간 간격은 상기 자기장 센서의 시동에 가까운 시간에서 시작되고, 상기 제2 시간 간격은 상기 제1 시간 간격의 끝에 가까운 시간에서 시작되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 30

제 26 항에 있어서, 상기 자기장 센서는 표적 물체에 근접하여 배치되고, 상기 제1 시간 간격은 상기 표적 물체의 제1 이동에 가까운 시간에서 시작되며, 상기 제2 시간 간격은 상기 제1 시간 간격의 끝에 가까운 시간에서 시작되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 31

제 26 항에 있어서, 상기 출력 신호에 의해 보정되는 상기 회로 정수는 상기 자기장에 대한 상기 일차 회로 경로의 감도를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 32

제 26 항에 있어서, 상기 피드백 회로 경로에 의해 보정되는 상기 회로 정수는 상기 일차 회로 경로의 오프셋 전압을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 33

제 26 항에 있어서, 상기 제1 단일 이득 주파수 및 상기 제2 단일 이득 주파수는 루프 안정도를 제공하도록 선택되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 34

제 26 항에 있어서, 상기 자기장 센싱 요소는 적어도 2개의 홀 효과 요소들을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 35

제 26 항에 있어서, 상기 자기장 센싱 요소는 적어도 2개의 자기저항 요소들을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 36

제 26 항에 있어서, 상기 자기장 센싱 요소는 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들을 포함하고, 상기 일차 회로 경로로 상기 자기장 신호를 수신하고 처리하는 단계는,

제1 스위칭 회로로 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들을 측정장-센싱 구성 내로 및 기준장-센싱 구성 내로 연결하는 단계를 포함하며, 상기 제1 스위칭 회로로 연결하는 단계는 상기 자기장 신호를 제공하도록 상기 측정장-센싱 구성과 상기 기준장-센싱 구성 사이에서 제1 스위칭 속도에서 교대로 스위치를 전환하게 동작 가능하며, 상기 자기장 신호는,

상기 측정장-센싱 구성 내에 연결될 때에 측정된 자기장에 반응하는 측정된 자기장-반응 신호 부분; 및

상기 기준장-센싱 구성 내에 연결될 때에 기준 자기장에 반응하는 기준 자기장-반응 신호 부분을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 37

제 36 항에 있어서, 상기 기준 자기장은 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들의 선택된 하나들의 위치들에서 대향하는 방향들로 향하는 제1 및 제2 기준 자기장들을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 38

제 37 항에 있어서,

자기장 발생기로 상기 기준 자기장을 발생시키는 단계를 더 포함하며, 상기 자기장 발생기는,

각기 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들의 각 하나에 근접하는 적어도 2개의 기준장 도체 부분들을 포함하고, 상기 적어도 2개의 기준장 도체 부분들은 상기 기준 자기장을 발생시키도록 기준 전류를 운반하게 구성되며, 상기 기준 자기장은 대향하는 방향들로 향하는 각각의 자기장 방향들을 갖는 적어도 두 기준 자기장 부분들을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 39

제 38 항에 있어서,

제2 스위칭 회로로 제1 기준 전류 방향 및 대향하는 제2 기준 전류 방향 사이에서 상기 기준 전류를 상기 제1 스위칭 속도와 동기적으로 교대로 스위칭하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 40

제 38 항에 있어서, 상기 자기장 신호는 측정 시간 간격들 동안에 상기 측정된 자기장-반응 신호 부분을 나타내고, 상기 제1 스위칭 속도와 동기적인 속도에서 상기 측정 시간 간격들과 교차 배치되는 기준 시간 간격들 동안에 상기 기준 자기장-반응 신호 부분을 나타내며,

상기 일차 회로 경로는 상기 측정 시간 간격들 동안에 상기 측정된 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 신호를 선택하고 처리하도록 시간 다중화되고,

상기 피드백 회로 경로는 상기 기준 시간 간격들 동안에 상기 기준 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 신호를 선택하고 처리하도록 시간 다중화되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 41

제 40 항에 있어서, 상기 일차 회로 경로는 상기 측정된 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 제1 센서 출력 신호를 발생시키도록 구성되며, 상기 피드백 회로 경로는 상기 기준 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 다른 제2 센서 출력 신호를 발생시키도록 구성되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 42

제 38 항에 있어서, 상기 제1 스위칭 회로로 연결하는 단계는,

상기 기준장-센싱 구성 내에 연결될 때에 자기장에 대한 반응들의 대향하는 방향들을 갖도록 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들을 연결하는 단계; 및

상기 측정장-센싱 구성 내에 연결될 때에 자기장에 대한 반응들의 각기 동일한 방향들을 갖도록 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들을 연결하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 43

제 38 항에 있어서, 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들은 기판에 의해 지지되며, 상기 적어도 2개의 기준장 도체 부분들은 상기 기판에 의해 지지되고 상기 자기장 센싱 요소에 근접하는 도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 44

제 43 항에 있어서, 상기 적어도 2개의 기준장 도체 부분들은 상기 기판에 의해 지지되는 하나 이상의 금속층을 가로지르는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 45

제 38 항에 있어서, 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들은 기판에 의해 지지되며, 상기 적어도 2개의 기준장 도체 부분들은 상기 기판으로부터 분리되지만 근접하는 도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 46

제 38 항에 있어서, 상기 측정된 자기장은 측정된 전류 도체에 의해 운반되는 측정된 전류에 의해 발생되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 47

제 1 항에 있어서, 상기 제1 시간 간격은 상기 자기장 센서의 시동에 가까운 시간에서 시작되며, 상기 제2 시간 간격은 상기 제1 시간 간격의 끝에 가까운 시간에서 시작되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 48

제 1 항에 있어서, 상기 자기장 센서는 표적 물체에 근접하여 배치되고, 상기 자기장 센서는 상기 표적 물체의 이동을 감지하도록 구성되며, 상기 제1 시간 간격은 상기 표적 물체의 제1 이동에 가까운 시간에서 시작되고, 상기 제2 시간 간격은 상기 제1 시간 간격의 끝에 가까운 시간에서 시작되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 49

제 25 항에 있어서, 상기 제1 시간 간격은 상기 자기장 센서의 시동에 가까운 시간에서 시작되며, 상기 제2 시간 간격은 상기 제1 시간 간격의 끝에 가까운 시간에서 시작되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 50

제 25 항에 있어서, 상기 자기장 센서는 표적 물체에 근접하여 배치되고, 상기 제1 시간 간격은 상기 표적 물체의 제1 이동에 가까운 시간에서 시작되며, 상기 제2 시간 간격은 상기 제1 시간 간격의 끝에 가까운 시간에서 시작되는 것을 특징으로 하는 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 대체로 자기장 센서들에 관한 것이며, 보다 상세하세는 조절 가능한 시상수(time constant)로 자기 보정 또는 자기 시험을 위한 조절 가능한 피드백(feedback)을 이용하는 자기장 센서들에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 알려진 바와 같이, 이에 한정되는 것은 아니지만, 홀 효과(Hall effect) 요소들, 자기저항 요소들 및 자기 트랜지스터들을 포함하여 다양한 유형들의 자기장 센싱 요소들이 있다. 또한, 알려진 바와 같이, 다른 유형의 홀 효과 요소들, 예를 들면, 평면형 홀 요소들, 수직형 홀 요소들 및 원형 홀 요소들이 있다. 또한, 알려진 바와 같이, 다른 유형들의 자기저항 요소들, 예를 들면, 이방성 자기저항(AMR) 요소들, 거대 자기저항(GMR) 요소들, 터널링 자기저항(TMR) 요소들, 안티몬화 인듐(InSb) 요소들, 그리고 터널 접합(MTJ) 요소들이 있다.

[0003] 홀 효과 요소들은 자기장에 비례하는 출력 전압을 발생시킨다. 대조적으로, 자기저항 요소들은 자기장에 비례하여 저항을 변화시킨다. 회로 내에서, 전류는 상기 자기저항 요소를 통해 인도될 수 있고, 이에 따라 상기 자기장에 비례하는 전압 출력 신호를 발생시킨다.

[0004] 자기장 센싱 요소들을 사용하는 자기장 센서들은, 이에 한정되는 것은 아니지만, 전류 운반 도체에 의해 운반되는 전류에 의해 발생되는 자기장을 감지하는 전류 센서, 강자성 또는 자성 대상체의 근접을 감지하는 자기 스위치(여기서 근접 검출기라고도 언급됨), 강자성 물체들, 예를 들면, 기어 톱니들의 통과를 감지하는 회전 검출기, 그리고 자기장의 자기장 밀도를 감지하는 자기장 센서를 포함하여 다양한 응용들에서 사용된다. 특정 자기장 센서 배열들이 여기에 예로서 사용된다. 그러나, 여기에 기재되는 회로들과 기술들은 또한 임의의 자기장 센서에 적용된다.

[0005] 알려진 바와 같이, 일부 집적 회로들은 내부의 내장 자기 시험(BIST) 능력들을 가진다. 내장 자기 시험은 집적 회로의 내부 기능성의 모두 또는 일부를 확인할 수 있는 기능이다. 집적 회로들의 일부 유형들은 집적 회로 다이 상으로 직접 구현되는 내장 자기 시험 회로들을 가진다. 통상적으로, 상기 내장 자기 시험은 외부의 수단, 예를 들면, 상기 집적 회로 외부로부터 상기 집적 회로 상의 전용 핀들 또는 포트들까지 통신되는 신호에 의해 활성화된다. 예를 들면, 메모리 부분을 갖는 집적 회로는 내장 자기 시험 회로를 포함할 수 있으며, 이는 상기 집적 회로 외부로부터 통신되는 자기 시험 신호에 의해 활성화될 수 있다. 상기 내장 자기 시험 회로는 상기 자기 시험 신호에 반응하여 상기 집적 회로의 메모리 부분을 테스트할 수 있다.

[0006] 자기장 센서들에 사용되는 종래의 내장 자기 시험 회로들은 상기 자기장 센서 내에 사용되는 상기 자기장 센싱 요소를 테스트하지 않는 경향이 있다. 종래의 내장 자기 시험 회로들은 또한 자기장 센서를 갖는 모든 회로들을 테스트하지 않는 경향이 있다.

[0007] 일부 자기장 센서들은, 예를 들면, 코일이나 이와 유사한 것으로 보정 자기장을 국소적으로 발생시키고, 상기 보정 자기장으로부터 유래되는 신호를 측정하며, 상기 자기장 센서의 이득(gain)을 제어하는 결과 신호와 연관된 신호를 피드백하여 자기 보정(self-calibration) 기술들을 채용한다. 몇 가지 자기 보정 배치들이 2008년 2월 26일에 공개되고 본 출원인에게 양수된 미국 특허 제7,923,996호(발명의 명칭: "자기장 센서(Magnetic Field Sensor With Automatic Sensitivity Adjustment)")에 도시되고 기재되어 있다. 또한, 각기 본 출원인에게 양수된 2010년 7월 21일에 출원된 미국 특허 출원 제12/840,324호(발명의 명칭: "자기장 센서 내의 동작의 진단 모드를 발생시키기 위한 회로들 및 방법들(Circuits and Methods For Generating A Diagnostic Mode Of Operation In A Magnetic Field Sensor)"), 2010년 2월 16일에 출원된 미국 특허 출원 제12/706,318호(발명의

명칭: "자기장 센서의 자기 시험을 발생시키기 위한 회로들 및 방법들(Circuits and Methods for Generating a Self-Test of a Magnetic Field Sensor)"), 그리고 2011년 4월 27일에 출원된 미국 특허 출원 제13/095,371호(발명의 명칭: "자기장 센서를 자기 시험 또는 자기 보정하기 위한 회로들 및 방법들(Circuits and Methods for Self-Testing or Self-Calibrating a Magnetic Field Sensor)")는 자기장 센싱 요소들에 근접하여 배치되고 자기 시험 자기장들을 발생시키는 데 사용되는 코일들과 도체들의 다양한 배치들을 교시한다. 상기 특허와 상기 특허 출원들은 또한 다양한 다중화 매치들(multiplexing matches)을 교시한다. 이들 특허 출원들 및 특허와 여기에 기재되는 모든 다른 특허 출원들 및 특허들은 본 명세서에 참조로 포함된다.

[0008] 통상적으로, 자기장 센서의 자기 시험이나 자기 보정은 단일 속도에서 또는 단일한 소정의 시간 간격 동안(즉, 단일 대역폭으로) 일어난다. 일부 응용예들에 있어서, 자기 보정을 위해 이용되는 이러한 단일 속도는 상기 자기장 센서의 가동에 수반되는 실질적인 크기의 시간 동안 상기 자기장 센서가 부정확해지는 결과를 가져올 수 있다. 그러나, 상기 자기 시험 또는 자기 보정의 속도를 높이는 것, 즉, 상기 자기 보정의 대역폭을 증가시키는 것은 상기 자기장 센서를 덜 정확하게 하고 보다 높은 노이즈 레벨을 가지게 하는 결과를 초래한다.

[0009] 또한, 통상적으로, 상기 자기장 센서의 자기 시험 및/또는 자기 보정은 상기 자기장 센서가 감지된 자기장을 센싱하지 않을 때, 즉, 상기 자기장 센서가 이의 정규 센싱 모드에서 동작하지 않을 때에 수행되어야 한다.

[0010] 해상도를 감소시키지 않고 출력 노이즈 레벨을 증가시키지 않으면서 자기 시험 및 자기 보정 기능들이 빠른 속도에서(즉, 짧은 시간 간격 내에) 자기장 센서를 테스트하고 보정하도록 상기 자기장 센서 내에 자기 시험 및/또는 자기 보정 회로들과 기술들의 내장을 제공하는 것이 바람직할 수 있다.

[0011] 또한, 자기장 센서가 이의 정규 센싱 모드에서 동작하는 동안 자기 시험 및 자기 보정이 일어나도록 상기 자기장 센서 내에 자기 시험 및/또는 자기 보정 회로들과 기술들의 내장을 제공하는 것이 바람직할 수 있다.

[0012] 또한, 외부 자기장의 크기에 관계없이 자기 시험 및/또는 자기 보정 회로들의 내장을 수행할 수 있는 것이 바람직할 수 있다.

[0013] 또한, 자기 시험 회로들이 자기장 센서 내에 사용되는 자기장 센싱 요소를 테스트하도록 상기 자기장 센서 내에 자기 시험 회로들과 기술들의 내장을 제공하는 것이 바람직할 수 있다.

[0014] 또한, 자기장 센서 내의 모든 회로들을 자기 시험하도록 상기 자기장 센서 내에 자기 시험 회로들과 기술들의 내장을 제공하는 것이 바람직할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명은 해상도를 감소시키지 않고 출력 노이즈 레벨을 증가시키지 않으면서 자기 시험 및 자기 보정 기능들이 빠른 속도에서(즉, 짧은 시간 간격 내에) 자기장 센서를 테스트하고 보정하도록 상기 자기장 센서 내에 자기 시험 및/또는 자기 보정 회로들과 기술들의 내장을 제공할 수 있다.

[0016] 본 발명은 또한 자기장 센서가 이의 정규 센싱 모드에서 동작하는 동안 자기 시험 및 자기 보정이 일어나도록 상기 자기장 센서 내에 자기 시험 및/또는 자기 보정 회로들과 기술들의 내장을 제공할 수 있다.

[0017] 본 발명은 또한 외부 자기장의 크기에 관계없이 내장된 자기 시험 및/또는 자기 보정을 수행할 수 있다.

[0018] 본 발명은 또한 자기 시험 기능이 자기장 센서 내에 사용되는 자기장 센싱 요소를 테스트하도록 상기 자기장 센서 내에 자기 시험 회로들과 기술들의 내장을 제공할 수 있다.

[0019] 본 발명은 또한 자기장 센서 내의 모든 회로들을 자기 시험하도록 상기 자기장 센서 내에 자기 시험 회로들과 기술들의 내장을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0020] 본 발명의 일 측면에 따르면, 자기장 센서는 자기장에 반응하여 자기장 신호를 발생시키도록 구성되는 자기장 센싱 요소(magnetic field sensing element)를 포함한다. 상기 자기장 센서는 또한 상기 자기장 신호를 수신하고 처리하도록 연결되는 일차 회로 경로(primary circuit path)를 포함한다. 상기 일차 회로 경로는 회로 정수(circuit parameter)를 가진다. 상기 자기장 센서는 또한 제1 시간 간격 동안에 제1 재분배 클록 주파수(redistribution clock frequency)를 가지고 제2 시간 간격 동안에 제2의 다른 재분배 클록 주파수를 갖는 재

분배 클록 신호를 발생시키도록 구성되는 클록 주파수 발생기를 포함한다. 상기 자기장 센서는 또한 양 단부들에서 상기 일차 회로 경로에 연결되고 피드백 루프(feedback loop)를 형성하는 피드백 회로 경로를 포함한다. 상기 피드백 회로 경로는 상기 재분배 클록 신호를 수신하도록 연결되는 스위치된 커패시터 회로(switched capacitor circuit)를 포함하며, 상기 교환 커패시터 회로는 적분기(integrator)를 형성한다. 상기 스위치된 커패시터 회로는 상기 제1 시간 간격 동안에 상기 제1 재분배 클록 주파수에 연관된 제1 단일 이득 주파수(unity gain frequency) 및 상기 제1 시간 간격 동안에 상기 제2 재분배 클록 주파수에 연관된 제2 단일 이득 주파수를 갖는 선택 가능한 단일 이득 주파수를 가진다. 상기 피드백 회로는 상기 회로 정수를 제어하도록 연결되는 출력 신호를 발생시키도록 구성된다.

[0021] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기장 센서는 또한 다음 측면들의 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다.

[0022] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 클록 주파수 발생기는 상기 제1 및 제2 시간 간격들 동안에 샘플 클록 주파수(sample clock frequency)를 갖는 샘플 클록 신호를 발생시키도록 더 구성되고, 상기 스위치된 커패시터 회로는 상기 샘플 클록 신호를 수신하도록 연결되며, 상기 스위치된 커패시터 회로는 노치(notch) 특성을 더 포함하고, 상기 노치 특성은 상기 재분배 클록 주파수에 연관된 노치 주파수를 가진다.

[0023] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제2 재분배 클록 주파수는 상기 재분배 클록 주파수 보다 낮다.

[0024] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 클록 주파수 발생기는 각각의 둘 이상의 상이한 시간들에서 둘 이상의 재분배 클록 주파수들을 갖는 상기 재분배 클록 신호를 발생시키도록 구성된다.

[0025] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 시간 간격은 상기 자기장 센서의 시동에 근접하는 시간에서 시작되며, 상기 제2 시간 간격은 상기 제1 시간 간격의 끝에 근접하는 시간에서 시작된다.

[0026] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기장 센서는 표적 물체(target object)에 근접하여 배치되고, 상기 자기장 센서는 상기 표적 물체의 이동을 감지하도록 구성되며, 상기 제1 시간 간격은 상기 표적 물체의 제1 이동에 근접하는 시간에서 시작되고, 상기 제2 시간 간격은 상기 제1 시간 간격의 끝에 근접하는 시간에서 시작된다.

[0027] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 피드백 회로에 의해 컨트롤되는 상기 회로 정수는 상기 자기장에 대한 상기 일차 회로 경로의 감도를 포함한다.

[0028] 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기장 센서는 전압 신호 또는 전류 신호를 발생시키도록 구성되는 구동 회로(drive circuit)를 더 포함하며, 상기 자기장 센싱 요소는 상기 전압 신호 또는 상기 전류 신호를 수신하도록 연결되고, 상기 피드백 회로는 상기 자기장에 대한 상기 일차 회로 경로의 감도를 컨트롤하도록 상기 전압 신호 또는 상기 전류 신호를 제어하게 구성된다.

[0029] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 피드백 회로에 의해 컨트롤되는 상기 회로 정수는 상기 일차 회로 경로의 오프셋 전압(offset voltage)을 포함한다.

[0030] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 전자 회로는 컨트롤 전압을 발생시키도록 구성되는 오프셋 회로를 더 포함하고, 상기 일차 회로 경로는 상기 컨트롤 전압을 수신하도록 연결되는 증폭기(amplifier)를 더 포함하며, 상기 피드백 회로는 상기 일차 회로 경로의 오프셋 전압을 컨트롤하도록 상기 컨트롤 전압을 제어하게 구성된다.

[0031] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 단일 이득 주파수 및 상기 제2 단일 이득 주파수는 루프 안정도(loop stability)를 제공하도록 선택된다.

[0032] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기장 센싱 요소는 적어도 2개의 홀 효과(Hall effect) 요소들을 포함한다.

[0033] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기장 센싱 요소는 적어도 2개의 자기저항(magnetoresistance) 요소들을 포함한다.

[0034] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기장 센싱 요소는 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들을 포함하며, 상기 일차 회로 경로는 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들에 연결되는 제1 스위칭 회로를 더 포함하고, 상기 제1 스위칭 회로는 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들을 측정장(measured-field)-센싱 구성 내

로 및 기준장(reference-field)-센싱 구성 내로 연결하도록 구성되며, 상기 제1 스위칭 회로는 상기 측정장-센싱 구성 및 상기 기준장-센싱 구성 사이에서 상기 자기장 신호를 제공하도록 제1 스위칭 속도에서 스위치를 전환하게(switch back and forth) 동작 가능하고, 상기 제1 스위칭 회로는, 상기 측정장-센싱 구성 내에 연결될 때에 측정된 자기장에 반응하는 측정된 자기장-반응 신호 부분 및 상기 기준장-센싱 구성 내에 연결될 때에 기준 자기장에 반응하는 기준 자기장-반응 신호 부분을 포함하는 상기 자기장 신호를 발생시키도록 구성된다.

[0035] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 기준 자기장은 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들의 선택된 하나들의 위치들에서 대향하는 방향들을 향하는 제1 및 제2 기준 자기장들을 포함하며, 상기 자기장 센서는 상기 제1 및 제2 기준 자기장들을 발생시키도록 동작 가능한 자기장 발생기(magnetic field generator)를 더 포함한다.

[0036] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기장 발생기는 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들의 각각의 하나에 각기 근접하는 적어도 2개의 기준장 도체 부분들을 포함하고, 상기 적어도 2개의 기준 자기장 도체 부분들은 상기 기준 자기장을 발생시키도록 기준 전류를 운반하게 구성되며, 상기 기준 자기장은 대향하는 방향들로 향하는 각각의 자기장들을 갖는 적어도 두 기준 자기장 부분들을 포함한다.

[0037] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 일차 회로 경로는 상기 기준 전류를 제공하도록 연결되는 제2 스위칭 회로를 더 포함하며, 상기 제2 스위칭 회로는 제1 기준 전류 방향 및 대향하는 제2 기준 전류 방향 사이에서 상기 제1 스위칭 속도와 동기적으로 상기 기준 전류를 교대로 스위치하도록 동작 가능하다.

[0038] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기장 신호는 측정 시간 간격들 동안에 상기 측정된 자기장-반응 신호 부분을 나타내고, 상기 제1 스위칭 속도와 동기적인 속도에서 상기 측정 시간 간격들과 교차 배치되는 기준 시간 간격들 동안에 상기 기준 자기장-반응 신호 부분을 나타내며, 상기 일차 회로 경로는 상기 측정 시간 간격들 동안에 상기 측정된 자기장-반응 신호를 나타내는 신호를 선택하고 처리하도록 시간 다중화(time multiplexed)되고, 상기 피드백 회로 경로는 상기 기준 시간 간격들 동안에 상기 기준 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 신호를 선택하고 처리하도록 시간 다중화된다.

[0039] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 일차 회로 경로는 상기 측정 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 제1 센서 출력 신호를 발생시키도록 구성되며, 상기 피드백 회로 경로는 상기 기준 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 다른 제2 센서 출력 신호를 발생시키도록 구성된다.

[0040] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 스위칭 회로는 상기 기준장-센싱 구성 내에 연결될 때에 자기장에 대한 반응들의 각각의 대향하는 방향들을 가지도록 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들을 연결하며, 상기 제1 스위칭 회로는 상기 측정장-센싱 구성 내에 연결될 때에 자기장에 대한 반응들의 각기 동일한 방향들을 가지도록 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들을 연결한다.

[0041] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들은 기판에 의해 지지되며, 상기 적어도 2개의 기준장 도체 부분들은 상기 기판에 의해 지지되고 상기 자기장 센싱 요소에 근접하는 도체를 포함한다.

[0042] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 적어도 2개의 기준장 도체 부분들은 상기 기판에 의해 지지되는 하나 이상의 금속층을 가로지른다.

[0043] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들은 기판에 의해 지지되며, 상기 적어도 2개의 기준장 도체 부분들은 상기 기판으로부터 분리되지만 근접하는 도체를 포함한다.

[0044] 상기 자기장 센서의 일부 실시예들에 있어서, 상기 측정된 자기장은 측정된 전류 도체에 의해 운반되는 측정된 전류에 의해 발생된다.

[0045] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 자기장 센서의 자기 보정의 속도 또는 자기 시험의 속도를 조절하는 방법은 자기장 센싱 요소로 자기장에 반응하여 자기장 신호를 발생시키는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 회로 정수를 포함하는 일차 회로 경로로 상기 자기장 신호를 수신하고 처리하는 단계를 구비한다. 상기 방법은 또한 제1 시간 간격 동안에 제1 재분배 클록 주파수를 갖고, 제2 시간 간격 동인에 제2 재분배 클록 주파수를 갖는 재분배 클록 신호를 발생시키는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 상기 일차 회로 경로에 양 단부들에서 연결되고 피드백 루프를 형성하는 피드백 회로 경로로 상기 회로 정수를 컨트롤하도록 연결되는 출력 신호를 발생시키는 단계를 포함한다. 상기 피드백 회로 경로는 상기 재분배 클록 신호를 수신하도록 연결되는 스위치된 커패시터 회로를 포함하며, 상기 교환 커패시터 회로 적분기를 형성한다. 상기 교환 커패시터 회로는 상기 제1 시간 간격

동안에 상기 제1 재분배 클록 주파수에 관련된 제1 단일 이득 주파수를 갖고, 상기 제2 시간 간격 동안에 상기 제2 재분배 클록 주파수와 관련된 제2 단일 이득 주파수를 갖는 선택 가능한 단일 이득 주파수를 가진다.

[0046] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 방법은 또한 다음 측면들의 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다.

[0047] 일부 실시예들에 있어서, 상기 방법은 상기 제1 및 제2 시간 간격들 동안에 샘플 클록 주파수를 갖는 샘플 클록 신호를 발생시키는 단계를 포함하고, 상기 스위치된 커패시터 회로는 상기 샘플 클록 신호를 수신하도록 연결되며, 상기 스위치된 커패시터 회로는 노치(notch) 특성을 더 포함하고, 상기 노치 특성은 상기 재분배 클록 주파수에 관련된 노치 주파수를 가진다.

[0048] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제2 재분배 클록 주파수는 상기 제1 재분배 클록 주파수 보다 낮다.

[0049] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 재분배 클록 신호를 발생시키는 단계는 각각의 둘 이상의 다른 시간들에서 둘 이상의 재분배 클록 주파수들을 갖는 상기 재분배 클록 신호를 발생시키는 단계를 포함한다.

[0050] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 시간 간격은 상기 자기장 센서의 시동에 근접하는 시간에서 시작되며, 상기 제2 시간 간격은 상기 제1 시간 간격의 끝에 근접하는 시간에서 시작한다.

[0051] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기장 센서는 표적 물체에 근접하여 배치되고, 상기 제1 시간 간격은 상기 표적 물체의 제1 이동에 근접하는 시간에서 시작되며, 상기 제2 시간 간격은 상기 제1 시간 간격의 끝에 근접하는 시간에서 시작된다.

[0052] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 출력 신호에 의해 컨트롤되는 상기 회로 정수는 상기 자기장에 대한 상기 일차 회로 경로의 감도를 포함한다.

[0053] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 피드백 회로에 의해 컨트롤되는 상기 회로 정수는 상기 일차 회로 경로의 오프셋 전압을 포함한다.

[0054] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 단일 이득 주파수 및 상기 제2 단일 이득 주파수는 루프 안정도를 제공하도록 선택된다.

[0055] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기장 센싱 요소는 적어도 2개의 홀 효과 요소들을 포함한다.

[0056] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기장 센싱 요소는 적어도 2개의 자기저항 요소들을 포함한다.

[0057] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기장 센싱 요소는 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들을 포함하고, 상기 일차 회로 경로로 상기 자기장 신호를 수신하고 처리하는 단계는 제1 스위칭 회로로 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들을 측정장-센싱 구성 내로 및 기준장-센싱 구성 내로 연결하는 단계를 더 포함하며, 상기 제1 스위칭 회로로 연결하는 단계는 상기 자기장 신호를 제공하도록 제1 스위칭 속도로 상기 측정장-센싱 구성 및 상기 기준장-센싱 구성 사이에서 스위치를 전환하도록 동작할 수 있고, 상기 자기장 신호는 상기 측정장-센싱 구성 내로 연결될 때에 측정된 자기장에 반응하는 측정 자기장-반응 신호 부분 및 상기 기준장-센싱 구성 내에 연결될 때에 기준 자기장에 반응하는 기준 자기장-반응 신호 부분을 포함한다.

[0058] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 기준 자기장은 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들의 선택된 하나들의 위치들에서 대향하는 방향들로 향하는 제1 및 제2 기준 자기장들을 포함한다.

[0059] 일부 실시예들에 있어서, 상기 방법은 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들의 각각의 하나에 각기 근접하는 적어도 2개의 기준장 도체 부분들을 포함하는 자기장 발생기로 상기 기준 자기장을 발생시키는 단계를 더 포함하고, 상기 적어도 2개의 기준장 도체 부분들은 상기 기준 자기장을 발생시키도록 기준 전류를 운반하게 구성되며, 상기 기준 자기장은 대향하는 방향들로 향하는 각각의 자기장 방향들을 갖는 적어도 두 기준 자기장 부분들을 포함한다.

[0060] 일부 실시예들에 있어서, 상기 방법은 제2 스위칭 회로로 제1 기준 전류 방향과 제2 기준 전류 방향 사이에서 상기 제1 스위칭 속도에 동기적으로 상기 기준 전류를 교대로 스위칭하는 단계를 더 포함한다.

[0061] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기장 신호는 측정 시간 간격들 동안에 상기 측정된 자기장-반응 신호 부분을 나타내고, 상기 제1 스위칭 속도에 동기적인 속도로 상기 측정 시간 간격들과 교차 배치되는 기준 시간 간격들 동안에 상기 기준 자기장-반응 신호 부분을 나타내며, 상기 일차 회로 경로는 상기 측정 시간 간격들 동안에 상기 측정된 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 신호를 선택하고 처리하도록 시간 다중화되고, 상기 피드백 회로 경로는 상기 기준 시간 간격들 동안에 상기 기준 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 신호를 선택하

고 처리하도록 시간 다중화된다.

[0062] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 일차 회로 경로는 상기 측정된 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 제1 센서 출력 신호를 발생시키도록 구성되며, 상기 피드백 회로 경로는 상기 기준 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 다른 제2 센서 출력 신호를 발생시키도록 구성된다.

[0063] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 스위칭 회로로 연결하는 단계는, 상기 기준장-센싱 구성에 연결될 때에 자기장에 대한 반응들의 각각의 대향하는 방향들을 갖도록 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들을 연결하는 단계; 및 상기 측정장-센싱 구성 내에 연결될 때에 자기장에 대한 반응들의 각기 동일한 방향들을 갖도록 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들을 연결하는 단계를 포함한다.

[0064] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들은 기판에 의해 지지되며, 상기 적어도 2개의 기준장 도체 부분들은 상기 기판에 의해 지지되고 상기 자기장 센싱 요소에 근접하는 도체를 포함한다.

[0065] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 적어도 2개의 기준장 도체 부분들은 상기 기판에 의해 지지되는 하나 이상의 금속층을 가로지른다.

[0066] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 적어도 2개의 자기장 센싱 요소들은 기판에 의해 지지되며, 상기 적어도 2개의 기준장 도체 부분들은 상기 기판으로부터 분리되지만 근접하는 도체를 포함한다.

[0067] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 측정된 자기장은 측정된 전류 도체에 의해 운반되는 측정된 전류에 의해 발생된다.

도면의 간단한 설명

[0068] 다음의 도면들의 상세한 설명으로부터 전술한 본 발명의 특징들뿐만 아니라 본 발명 자체도 보다 완전하게 이해될 수 있을 것이다. 첨부된 도면들에 있어서,

도 1은 초핑된(또는 스위치된) 홀 효과 요소를 갖는 종래 기술의 자기장 센서 및 관련된 스위칭 회로의 블록도이고,

도 1a는 도 1의 자기장 센서에서 이전의 다양한 포인트들에서 주파수 스펙트럼들을 나타내는 일련의 그래프들이며,

도 2는 도 1의 자기장 센서의 홀 효과 요소 및 스위칭 회로로 사용될 수 있고 다음의 자기장 센서들의 홀 효과 요소 및 스위칭 회로로도 사용될 수 있는 홀 효과 요소를 갖고 스위칭 회로를 갖는 스위치된 홀 요소를 나타내는 블록도이고,

도 2a는 도 2의 스위치된 홀 효과 요소를 위한 클록 신호들을 나타내는 그래프이며,

도 2b는 도 2의 스위치된 홀 요소에 의해 제공되는 변조된 오프셋 성분을 나타내는 그래프이고,

도 2c는 도 2의 스위치된 홀 요소에 의해 제공되는 변조되지 않은 자기장 신호 성분을 나타내는 그래프이며,

도 3은 도 1의 센서의 홀 효과 요소 및 스위칭 회로로 사용될 수 있고, 다음의 자기장 센서의 홀 효과 요소 및 스위칭 회로로도 사용될 수 있는 홀 효과 요소를 갖고 스위칭 회로를 갖는 스위치된 홀 효과 요소를 나타내는 블록도이고,

도 3a는 도 3의 스위치된 홀 요소를 위한 클록 신호들을 나타내는 그래프이며,

도 3b는 도 3의 스위치된 홀 요소에 의해 제공되는 변조되지 않은 오프셋 성분을 나타내는 그래프이고,

도 3c는 도 3의 스위치된 홀 요소에 의해 제공되는 변조된 자기장 신호 성분을 나타내는 그래프이며,

도 4는 외부 자기장의 존재에서 협력하여 반응하는 경향을 가질 수 있는 측정장-센싱 구성 내에 병렬도 배치되는 2개의 홀 효과 요소들을 나타내는 블록도이고,

도 5는 기준장-센싱 구성 내에 및 도 4의 외부 자기장의 존재에서 그리고 예를 들면, 2개의 해당 코일들에 의해 두 대향하는 방향들로 발생될 수 있는 두 기준 자기장들의 존재에서도 재연결되기 위한 도 4의 2개의 홀 효과 요소들을 나타내는 블록도이며,

도 5a는 상기 기준장-센싱 구성 및 도 5의 외부 자기장의 존재에서 그리고 예를 들면, 2개의 해당 코일들에 의

해 두 대향하는 방향들로 발생될 수 있고 AC 자기들인 두 기준 자기장들의 존재에서도 재연결되기 위한 도 4의 2개의 홀 효과 요소들을 나타내는 블록도이고,

도 6은 측정장-센싱 구성 내일 때에 2개의 홀 요소들의 초핑 없이 연결들이 측정장-센싱 구성과 기준장-센싱 구성 사이에서 두 위상들로 전후로 교대되기 위한 2개의 홀 요소들을 나타내는 블록도이며,

도 7은 2개의 홀 요소들이 두 측정장-센싱 구성들을 구현하도록 초핑되는, 연결들이 두 측정장-센싱 구성들과 기준장-센싱 구성 사이에서 네 위상들로 전후로 교대되기 위한 2개의 홀 요소들을 나타내는 블록도이고,

도 8은 도 7의 2개의 홀 요소들로부터의 출력 신호들을 나타내고 네 위상들 모두 동안의 신호들을 나타내는 그래프이며,

도 9는 두 홀 요소들의 측정장-센싱 구성들에 대응되는 제1 및 제3 위상들 동안의 신호들만을 보여주는 도 7의 두 홀 요소들로부터의 출력 신호들을 나타내는 그래프이고,

도 10은 2개의 홀 요소들의 기준장-센싱 구성에 대응되는 제2 및 제4 위상들 동안의 신호들만을 보여주는 도 7의 2개의 홀 요소들로부터의 출력 신호들을 나타내는 그래프이며,

도 11은 2개의 홀 요소들이 연결들이 네 측정장-센싱 구성들을 구현하도록 초핑되는 네 측정장-센싱 구성들과 기준장-센싱 구성 사이에서 여덟 위상들로 전후로 교대되기 위한 2개의 홀 요소들을 나타내는 블록도이고,

도 12는 2개의 홀 요소들, 여기서는 코일들로 도시된 대응되는 2개의 기준장 도체들을 가지고, 두 전자 채널들, 측정된(정상) 자기장 신호에 반응하여 출력 신호를 발생시키도록 구성되는 제1 채널 및 2개의 기준장 도체들에 의해 발생되는 기준 자기장에 반응하여 출력 신호를 발생시키도록 구성되는 제2 채널을 가지는 자기장 센서를 나타내는 블록도이며,

도 13은 도 12의 자기장 센서의 일부를 나타내는, 특히 도 12의 제1 채널을 나타내고 제2 채널은 나타내지 않는 블록도이고,

도 14－도 18은 도 13의 자기장 센서 부분의 다양한 포인트들에서 주파수 스펙트럼들을 나타내는 그래프들이며,

도 19는 도 12의 자기장 센서의 다른 부분을 나타내는, 특히 도 12의 제2 채널을 나타내고 제1 채널은 나타내지 않는 블록도이고,

도 20－도 24는 도 19의 자기장 센서 부분들의 다양한 포인트들에서 주파수 스펙트럼들을 나타내는 그래프들이며,

도 25는 2개의 홀 요소들, 여기서는 코일로 도시된 대응되는 2개의 기준장 도체들을 가지고, 두 전자 채널들, 측정된(정상) 자기장에 반응하여 출력 신호를 발생시키도록 구성되는 일차 회로 경로 및 2개의 기준장 도체들에 의해 발생되는 기준 자기장에 반응하고, 자기장 센서의 자기 보정(또는 자기 시험) 감도에도 대한 출력 신호를 발생시키도록 구성되며, 스위치된 커패시터 회로를 갖고 피드백 루프의 일부인 피드백 회로 경로를 가지는 다른 자기장 센서의 블록도이고,

도 26은 도 25의 스위치된 커패시터 회로와 같이 사용될 수 있는 스위치된 커패시터 회로의 블록도이며,

도 27은 도 25의 피드백 루프를 나타내는 2개의 회로 요소들을 갖는 피드백 루프의 블록도이고,

도 28은 도 27의 회로 요소들의 하나의 전달 함수를 나타내는 그래프이며,

도 29는 도 27의 회로 요소들의 다른 하나의 전달 함수를 나타내는 그래프이고,

도 30은 도 25의 두 회로 요소들의 전달 함수들의 결합과 이에 따른 도 25 및 도 27의 피드백 루프들의 루프 이득을 나타내는 그래프이며,

도 31은 도 25의 두 회로 요소들의 전달 함수들의 다른 결합과 이에 따른 도 25 및 도 27의 피드백 루프들의 다른 루프 이득을 나타내는 그래프이고,

도 32는 2개의 홀 요소들, 여기서는 코일로 도시된 대응되는 두 기준장 도체들을 가지고, 두 전자 채널들, 측정된(정상) 자기장에 반응하여 출력 신호를 발생시키도록 구성되는 일차 회로 경로 및 자기장 센서의 오프셋을 나타내고, 자기장 센서의 자기 보정(또는 자기 시험) 오프셋 전압에도 대한 출력 신호를 발생시키도록 구성되고, 스위치된 커패시터 회로를 가지고 피드백 루프의 일부인 피드백 회로 채널을 가지는 다른 자기장 센서의 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0069] 본 발명을 기술하기 전에, 일부 도입 개념들과 용어들을 설명한다. 여기서 사용되는 바에 있어서, "자기장 센싱 요소(magnetic field sensing element)"라는 용어는 자기장을 센싱할 수 있는 다양한 전자 요소들을 기술하는 데 사용된다. 상기 자기장 센싱 요소들은, 이에 한정되는 것은 아니지만, 홀 효과(Hall effect) 요소들, 자기저항 요소들, 또는 자기 트랜지스터들이 될 수 있다. 알려진 바와 같이, 예를 들면, 평면형 홀 요소(planar Hall element), 수직형 홀 요소(vertical Hall element) 및 원형 홀 요소(circular Hall element)와 같이 다른 유형들의 홀 요소들이 있다. 또한 알려진 바와 같이, 예를 들면, 거대 자기저항(GMR) 요소들, 이방성 자기저항(AMR) 요소들, 터널링 자기저항(TMR) 요소들, 인듐 안티몬(InSb) 요소들 및 자기 터널 접합(MTJ) 요소들과 같은 다른 유형들의 자기저항 요소들이 있다.

[0070] 알려진 바와 같이, 전술한 자기장 센싱 요소들 중의 일부는 상기 자기장 센싱 요소를 지지하는 기판에 대해 평행한 최대 감도의 축을 가지려는 경향이 있으며, 전술한 자기장 센싱 요소들 중의 다른 것들은 상기 자기장 센싱 요소를 지지하는 기판에 대해 직교하는 최대 감도의 축을 가지려는 경향이 있다. 특히, 모두는 아니지만 대부분의 자기저항 요소들은 기판에 대해 평행한 감도의 축들을 가지려는 경향이 있지만, 모두는 아니지만 대부분의 평면형 홀 요소들은 기판에 대해 직교하는 감도의 축들을 가지려는 경향이 있다.

[0071] 여기서 사용되는 바에 있어서, "자기장 센서(magnetic field sensor)"라는 용어는 자기장 센싱 요소들을 포함하는 회로를 기술하는 데 사용된다. 자기장 센서들은, 이에 한정되는 것은 아니지만, 전류 운송 도체에 의해 운반되는 전류에 의해 발생되는 자기장을 감지하는 전류 센서, 강자성 또는 자성 물체의 근접을 감지하는 자기 스위치(여기서는 근접 검출기(proximity detector)로도 언급된다), 강자성 물품들, 예를 들면, 기어 톱니들의 통과를 감지하는 회전 검출기, 그리고 자기장의 자기장 밀도를 감지하는 자기장 센서(예를 들면, 선형 자기장 센서)를 포함하는 다양한 응용들에 사용된다. 선형 자기장 센서들은 여기에 예들로서 사용된다. 그러나, 여기에 기재되는 회로들과 기술들은 자기장을 검출할 수 있는 임의의 자기장 센서들에도 적용된다.

[0072] 여기서 사용되는 바에 있어서, "자기장 신호(magnetic field signal)"라는 용어는 자기장 센싱 요소에 의해 경험되는 자기장으로부터 유래되는 임의의 회로 신호를 기술하는 데 이용된다.

[0073] 다음에 기술하는 동작의 기준장-센싱(reference field-sensing) 구성 모드들은 자기장 센서의 감도 및/또는 오프셋(offset) 전압을 조정하는(즉, 자기 보정하는(self-calibrate)) 데 사용될 수 있다. 그러나, 상기 기준장-센싱 구성은 또한 상기 자기장 센서의 자기 시험(self-test)을 제공하는 데 사용될 수 있다. 즉, 출력 신호가 동작의 기준장 모드 동안에 발생되지 않을 경우(또는, 선형 자기장 센서의 경우에는, 상기 출력 신호가 너무 낮거나 너무 높을 경우), 상기 자기장 센서가 동작하지 못할 수 있다. 따라서, 여기서 사용되는 바에 있어서, "기준(reference)"이라는 용어는 감도 및/또는 오프셋 전압 측정(자기 시험) 및 자기 보정을 포괄하도록 사용된다.

[0074] 도 1을 참조하면, 종래 기술의 자기장 센서(10)는 스위칭 회로(12) 내에 연결되는 홀 효과 요소(13)를 구비한다. 상기 스위칭 회로(12)는 외부 자기장에 반응하여 차동 출력 신호(12a, 12b)를 발생시키도록 구성된다. 다음에 기재되는 많은 신호들은 차동 신호들이 될 수 있지만, "차동(differential)"이라는 용어가 모든 예들에 사용되지는 않는다. 다른 실시예들에 있어서, 상기 신호들의 일부 또는 모두는 싱글 엔드형(single ended) 신호들이다.

[0075] 상기 스위칭 회로(12)는 도 2-도 2c와 함께 다음에 보다 상세하게 기술된다. 상기 스위칭 회로(12)가 구동 신호(도시되지 않음)를 f_C의 주파수에서 클록(clock)을 갖는 상기 홀 효과 요소(12)로 전환하는 것으로 말하기에 충분하다.

[0076] 상기 자기장 센서(10)는 또한 신호(12a, 12b)를 수신하도록 연결되고, 초핑된(chopped) 신호(14a, 14b)를 발생시키도록 구성되는 스위칭 회로(14)를 포함한다. 상기 스위칭 회로(14)는 또한 f_C의 주파수에서 상기 클록으로 스위치된다. 상기 스위칭 회로(12)와 상기 스위칭 회로(14)의 결합된 동작은 도 3-도 3c와 함께 다음에 보다 상세하게 설명한다.

[0077] 증폭기(16)는 상기 초핑된 신호(14a, 14b)를 수신하도록 연결되고, 증폭된 신호(16a, 16b)를 발생시키도록 구성된다. 스위칭 회로(18)는 상기 증폭된 신호(16a, 16b)를 수신하도록 연결되고, 역다중화된(demultiplexed) 신호(18a, 18b)를 발생시키도록 구성된다. 상기 스위칭 회로(18)는 f_C의 주파수에서 상기 클록으로 클록된다. 저역통과 필터(low pass filter)(20)는 상기 역다중화된 신호(18a, 18b)를 수신하도록 연결되고, 필터링된(filtered) 신호(20a, 20b)를 발생시키도록 구성된다. sinx/x(sinc) 필터(22)는 상기 필터링된 신호(20a, 20

b)를 수신하도록 연결되고, 필터링된 신호(22a, 22b), 즉 상기 자기장 센서(10)로부터의 출력 신호를 발생시키도록 구성된다.

[0078] 일부 실시예들에 있어서, 상기 sinc 필터(22)는 주파수 f_C에서 제1 노치를 갖는 스위치된 커패시터 필터이다. 그러나, 다른 실시예들에서, 상기 sinc 필터(22) 디지털 방식으로 생성된다. 또 다른 실시예들에 있어서, 상기 sinc 필터(22)는 아날로그 언클록드(unclocked) 필터이다.

[0079] 상기 sinc 필터(22)에 제공되는 클록 주파수가 주파수 f_C에서 상기 노치를 제공하는 것으로 도시된 바와 같이 f_C의 주파수에 있을 수 있는 점이 이해될 것이다. 그러나, 또한 상기 sinc 필터(22)가 주파수 f_C에서 상기 노치를 갖지만 다른 주파수에서 클록 신호를 이용하도록 설계될 수 있는 점도 이해될 것이다. 다음 도면들과 함께 상기 sinc 필터(22)로 제공되는 상기 클록이 주파수 f_C에 있는 것으로 기술된다. 그러나, 바람직한 주파수 f_C에 있는 것은 상기 노치 주파수이다.

[0080] 상기 자기장 센서 출력 신호(22a, 22b)가 상기 자기장 센싱 요소(12)에 의해 겪는 자기장에 비례하는 선형 신호이며, 상기 자기장 센서(10)가 선형 자기장 센서인 점이 이해될 것이다. 그러나, 다른 실시예들에서, 비교기(comparator)가 상기 신호(22a, 22b)를 수신할 수 있고, 이에 따라 상기 비교기에 의해 발생되는 상기 자기장 센서 출력 신호는 2상태 신호이며, 상기 자기장 센서는 자기 스위치이다. 또한, 일부 실시예들에서, 상기 필터들(20, 22)의 하나만이 사용되는 점도 이해될 것이다.

[0081] 도 1의 자기장 센서의 동작은 도 1a와 함께 다음에 기술된다.

[0082] 이제 도 1a를 참조하면, 그래프들(26)은 각기 임의의 단위들로 주파수의 단위들을 갖는 수평 축과 임의의 단위들로 전력의 단위를 갖는 수직 축을 포함한다.

[0083] 그래프(28)는 상기 신호(12a, 12b)(즉, 상기 신호(12a, 12b)의 주파수 스펙트럼들)를 나타내며, 외부 자기장 신호 Bexternal 플러스 DC 외부 자기장을 표시하는 제로(zero) 주파수가 될 수 있는 주파수에서 나타나는 잔여 오프셋 신호 ResOff를 보여준다. 홀 효과 오프셋 신호 HallOff는 상기 클록의 주파수 f_C에 따라 다른 주파수에 있다. 이러한 효과는 도 2-도 2c와 함께 보다 상세하게 기재된다.

[0084] 상기 홀 효과 오프셋 신호 HallOff는 상기 스위칭 회로(12)가 스위칭되고 있지 않을 때, 즉, 상기 홀 효과 요소들(104, 106)을 통한 전류가 하나의 특정한 각각의 방향으로 유도될 때를 제외하고 상기 홀 효과 요소(13)의 출력 신호(12a, 12b)에 존재할 수 있는 DC 전압 에러(error)에 대응된다. 상기 그래프(28)에 도시한 바와 같이, 상기 홀 효과 오프셋 신호 HallOff는 상기 스위칭 회로(12)의 스위칭 동작에 의해 상기 차동 신호(12a, 12b)의 보다 높은 주파수로 이동한다(그리고 그래프(30)와 함께 후술하는 바와 같이, 상기 스위칭 회로(14)의 동작에 의해 DC로 돌아가게 이동한다). 상기 잔여 오프셋 신호 ResOff는 상기 스위칭 회로(12)가 스위칭되고 있는(그리고 그래프(30)와 함께 후술하는 바와 같이 상기 스위칭 회로(14)의 동작에 의해 보다 높은 주파수로 이동하는) 때에도 상기 차동 신호(12a, 12b) 내의 DC에 잔류하는 잔여 오프셋 신호에 대응된다.

[0085] 그래프(30)는 초핑(chopping) 후의 상기 신호(14a, 14b)를 나타낸다. 상기 홀 오프셋 신호 HallOff는 상기 스위칭 회로(14)의 동작에 의해 DC로 이동되고, 상기 신호 Bexternal+ResOff는 상기 주파수 f_C에 있다.

[0086] 그래프(32)는 상기 신호(16a, 16b)를 나타낸다. 상기 그래프(32)에 있어서, 상기 증폭기(16)의 DC 오프셋은 DC에서 상기 홀 오프셋 신호에 추가되어 DC에서 신호 HallOff+AmpOff를 초래한다.

[0087] 그래프(34)는 상기 스위칭 회로(18) 후의 상기 신호(18a, 18b)를 나타낸다. 알 수 있는 바와 같이, 상기 신호 Bexternal+ResOff는 이제 DC에 있고, 상기 신호 HallOff+AmpOff는 이제 상기 주파수 f_C에 있다.

[0088] 그래프(36)는 상기 필터(20) 후의 상기 신호들(20a, 20b)을 나타낸다. 상기 필터(20)의 브레이크(break) 주파수는 상기 주파수 f_C 아래로 선택된다. 상기 신호 HallOff+AmpOff는 원하는 바에 따라 감소된다.

[0089] 그래프(38)는 상기 sinc 필터(22) 후의 상기 신호(22a, 22b)를 나타낸다. 상기 sinc 필터(22)의 노치는 주파수 f_C에서, 즉, 상기 sinc 필터(22)의 나이퀴스트(Nyquist) 주파수에서 선택된다. 상기 외부 자기장 신호(플러스 일부 잔여 오프셋)만이 상기 그래프(38) 내에 및 상기 신호(22a, 22b) 내에 잔류한다. 상기 홀 효과 요소 오프셋 HallOff는 제거되었다.

[0090] 도 2-도 2c를 참조하면, 홀 오프셋 성분(예를 들면, 58)을 조절하는 형태의 스위치된 홀 요소(50)는 홀 요소

(또는 홀 플레이트)(52) 및 변조(modulation) 회로(54)를 포함한다. 상기 홀 요소(52)는 도시된 바와 같이 각각의 스위치(56a, 56b, 56c, 56d)의 제1 단자들에 각기 연결되는 4개의 콘택들(52a, 52b, 52c, 52d)을 포함한다. 스위치들(56b, 56c)의 제2 단자들은 여기서 Vo+로 표기되는 스위치된 홀 출력 신호의 양의 노드(node)를 제공하도록 연결되고, 스위치들(56a, 56d)의 제2 단자들은 여기서 Vo-로 표기되는 상기 스위치된 홀 출력 신호의 음의 노드를 제공하도록 연결된다.

[0091] 추가적인 스위치들(60a, 60b, 60c, 60d)은 상기 홀 콘택들(52a, 52b, 52c, 52d)을 공급 전압 Vs 및 접지에 선택적으로 연결하도록 배열된다. 보다 상세하게는, 도시된 바와 같이 스위치들(56b, 56d, 60a, 60c)은 클록 신호 CLK에 의해 컨트롤되고, 스위치들(56a, 56c, 60b, 60d) 상보형 클록 신호 CLK/에 의해 제어된다. 상기 클록 신호들 CLK 및 CLK/는 도 2a에 도시된 바와 같이 두 상태들 또는 위상들, Φ_{0° 상태 및 Φ_{90° 상태를 가진다.

[0092] 동작에 있어서, 위상 Φ_{0° 동안에, 전류는 상기 단자(52a)로부터 상기 단자(52c)로 흐르고, 상기 스위치된 홀 출력 신호 Vo는 V_H+Vop와 동일하며, 여기서 Vop는 상기 홀 요소 오프셋 전압 또는 홀 오프셋 성분이고, V_H는 상기 자기장 신호 성분이다. 상기 위상 Φ_{90° 동안에, 잔류는 상기 단자(52b)로부터 상기 단자(52d)로 흐르고, 상기 스위치된 홀 출력 신호 Vo는 V_H-Vop와 동일하다. 따라서, 상기 변조 회로(54)는 도 2b에 도시된 상기 홀 오프셋 성분 Vop를 변조한다. 상기 자기장 신호 성분 V_H는 도 2c에 도시된 바와 같이 실질적으로 변하지 않고 남게 된다.

[0093] 도 3의 초핑 회로(70)는 도 1의 결합된 스위칭 회로들(12, 14)로서 사용될 수 있다.

[0094] 도 3-도 3c를 참조하면, 자기장 신호 성분(도 1의 스위칭 회로들(12, 14)을 위해 사용될 수 있는)을 변조하는 형태의 선택적인 스위치된 홀 요소(70)는 홀 효과 요소(72) 및 변조 회로(74)를 포함한다. 상기 홀 효과 요소(72)는 도 2의 홀 효과 요소(52)와 동일하며 각각의 스위치(76a, 76b, 76c, 76d)의 제1 단자에 각기 연결되는 4개의 콘택들(72a, 72b, 72c, 72d)을 포함한다. 스위치들(76a, 76b)의 제2 단자들은 여기서 Vo+로 표기되는 스위치된 홀 출력 신호의 양의 노드를 제공하도록 연결되고, 스위치들(56c, 56d)의 제2 단자들은 여기서 Vo-로 표기되는 상기 스위치된 홀 출력 신호의 음의 노드를 제공하도록 연결된다. 따라서, 도 2와 도 3의 비교는 상기 홀 요소의 출력 콘택들이 상기 Φ_{90° 위상 동안에 상호 교환되는 점을 드러낸다.

[0095] 추가적인 스위치들(80a, 80b, 80c, 80d)은 상기 홀 콘택들(72a, 72b, 72c, 72d)을 상기 공급 전압 Vs 및 접지에 선택적으로 연결하도록 배열된다. 도시된 바와 같이 스위치들(76b, 76d, 80a, 80c)은 클록 신호 CLK에 의해 제어되고, 스위치들(76a, 76c, 80b, 80d) 상보형 클록 신호 CLK/에 의해 컨트롤된다. 클록 신호들 CLK 및 CLK/는 도 2의 같은 신호들과 동일하며, 이에 따라 도시된 바와 같이 2 상태들 또는 위상들, Φ_{0° 및 Φ_{90° 를 가진다.

[0096] 동작에 있어서, 위상 Φ_{0° 동안에, 전류는 상기 단자(2a)로부터 상기 단자(72c)로 흐르며, 상기 스위치된 홀 출력 신호 Vo는 V_H+Vop와 동일하다. 위상 Φ_{90° 동안에, 전류는 상기 단자(72b)로부터 상기 단자(72d)로 흐르고, 상기 스위치된 출력 신호 Vo는 V_H+Vop와 동일하다. 따라서, 상기 변조 회로(74)는 도 3c에 도시된 변조된 자기 신호 성분 V_H를 제공하도록 상기 자기 신호 성분을 변조한다. 상기 오프셋 성분 Vop는 도 3b에 도시한 바와 같이 실질적으로 변하지 않고 남게 된다.

[0097] 상기 스위치들(80a-80d)이 도 1의 스위칭 회로(12)와 동일하거나 유사한 스위칭 회로를 형성할 수 있는 점이 이해될 수 있을 것이다. 또한, 상기 스위치들(76a-76d)이 도 1의 스위칭 회로(14)와 동일하거나 유사한 스위칭 회로를 형성할 수 있는 점이 이해될 수 있을 것이다.

[0098] 일부 실시예들에 있어서, 도 1의 스위칭 회로(12) 및 스위칭 회로(14)의 결합은 도 2-도 2c와 함께 전술한 유형이기 보다는 도 3-도 3c와 함께 상술한 유형이다.

[0099] 이제 도 4를 참조하면, 2개의 홀 효과 요소들이 함께 병렬로 연결될 수 있다. 병렬로 연결된 상기 2개의 홀 효과 요소들은 도 1-도 3c와 함께 전술한 단일 홀 효과 요소들의 임의의 것을 대신하여 사용될 수 있다. 따라서, 상기 2개의 평행한 홀 효과 요소들의 출력(플러스 및 마이너스)은 하나의 홀 효과 요소의 플러스 및 마이너스 출력 대신에 사용될 수 있다. 구동 신호들(도 4에 도시되지 않음)은 이들이 상기 도면들의 임의의 것의 하나의 홀 효과 요소들을 구동시키는 바와 같이 2개의 병렬의 홀 효과 요소들을 구동시킬 수 있다.

[0100] 상기 홀 효과 요소들의 병렬 배치는 여기서는 다음에 보다 상세하게 기재되는 기준장(reference-field)-센싱 구

성에 대향하는 것으로서 측정장(measured-field)-센싱 구성으로 언급된다.

[0101] 도 5를 참조하면, 도 4의 2개의 홀 효과 요소들은 기준장-센싱 구성 내에 함께 연결될(즉, 재연결될) 수 있다. 이러한 배열로써, 상기 2개의 홀 효과 요소들의 결합이 상기 2개의 홀 효과 요소들의 각 하나에 의해 겪는 바와 동일한 방향으로 외부 자기장 Bexternal에 실질적으로 반응적이지 않은 점이 이해되어야 한다. 상기 외부 자기장에 대하 잔여 반응은 상기 2개의 홀 효과 요소들의 오정합(mismatch)에 기인할 수 있으며, 이는 잔여 외부 자기장 신호를 야기할 수 있다.

[0102] 그러나, 두 기준 자기장들 Bcoil에 반응하여, 상기 기준장-센싱 구성 내에 배열된 상기 2개의 홀 효과 요소들의 각 하나에 의해 겪는 바와 다른 방향으로 상기 2개의 자기장 센싱 요소들의 결합이 제로가 아닌 출력 신호 V_{Bcoil}을 발생시키는 점도 이해될 것이다.

[0103] 도 5a를 참조하면, 상기 2개의 홀 효과 요소들은 상기 기준장-센싱 구성 내에 배열되는 것으로 다시 도시된다. 여기서, 상기 두 기준 자기장들 Bcoil의 각각의 두 위상들(방향들)이 도시된다. 기본적으로, AC 기준 자기장에 반응하는, 상기 출력 신호 V_{Bcoil}은 AC 신호이다. 그러나, 상기 2개의 홀 효과 요소들이 상기 기준장-센싱 구성 내에 배열될 때, 상기 출력 신호는 상기 외부 자기장이 DC 자기장 또는 AC 자기장인지에 관계없이 양 홀 효과 요소들에서 동일한 방향인 상기 외부 자기장으로부터 실질적으로 제로의 기여를 하게 된다.

[0104] 도 6을 참조하면, 동일한 2개의 자기장 센싱 요소들인 2개의 자기장 센싱 요소들이 두 다른 위상 배열들에 도시된다. 상기 두 다른 위상 배열들은 도 12와 함께 다음에 보다 상세하게 기술하는 스위칭 회로에 의하여 선택적으로 구현된다.

[0105] 여기서 사용되는 바와 같이, "위상(phase)"라는 단어는 많은 예들에서 상기 측정장-센싱 구성 내로 또는 상기 기준장-센싱 구성 내로의 2개 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들의 연결 배치 모두를 언급하는 데 사용되며, 또한 여기서는 간단한 도체로 도시되지만 다음에 기술하는 다른 배치들에서는, 예를 들면, 도 12에서는 2개의 기준장 코일 부분들로 구성될 수 있는 된 기준장 도체를 통과하는 전류의 방향을 언급한다. 여기서 사용되는 위상이라는 단어는 다음에 보다 상세하게 기술하는 초핑 배열을 언급하지는 않는다.

[0106] 위상 1 배치를 먼저 참조하면, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들은 도 4와 함께 상술한 연결 배치와 동일하거나 유사한 상기 측정장-센싱 구성 내에 연결된다. 상술한 바와 같이, 이러한 연결 배치로, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들은 환경으로부터 수신할 수 있고 총괄적으로 이른바 "측정된 자기장-반응 신호(responsive signal)"를 발생시킬 수 있는 바와 같이 외부 자기장에 반응한다.

[0107] 기준장 도체는 파선으로 도시되며, 이러한 파선은 상기 기준장 도체에 의해 운반되는 전류가 없는 것을 나타낸다. 그러나, 선택적인 실시예에서, 상기 기준장 도체는 전류 IREF를 운반한다.

[0108] 상기 기준장 도체에 의해 운반되는 전류가 상기 기준장 도체 주위에 자기장을 발생시키는 점이 이해될 것이다. 또한, 상기 기준장 도체의 경로로 인하여 상기 자기장이 우측의 자기장 센싱 요소에서 도면 용지 내로 들어가고 좌측 자기장 센싱 요소에서 도면 용지로부터 나오는 방향을 가지는 점이 이해될 것이다. 따라서, 상기 기준장 도체에 의해 발생되는 두 자기장들은 상기 2개의 자기장 센싱 요소들에서 대향하는 방향이 된다. 상기 2개의 자기장 센싱 요소들이 상기 측정장-센싱 구성 내에 병렬로 연결되고 동일한 반응 방향을 가지기 때문에, 상기 기준장 도체에 의해 운반되는 전류에 반응하여 상기 2개의 자기장 센싱 요소들에 의해 발생되는 상기 출력 신호는 제로가 되거나 거의 제로가 될 것이다.

[0109] 이에 따라, 상기 기준장 도체를 통과하는 임의의 전류가 상기 측정장-센싱 구성 내에 연결될 때에 상기 2개의 자기장 센싱 요소들에 의해 총괄적으로 발생되는 출력 신호에 적은 영향을 미치거나 영향을 미치지 않는다.

[0110] 대조적으로, 주위 환경으로부터 수신될 수 있는 바와 같은 동일한 방향으로 상기 홀 요소들 모두를 통과하는 측정된 자기장에 반응하는 상기 측정 자기장-반응 신호는 제로가 아니다. 따라서, 상기 위상 1 배치 내에 연결될 때, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들은 상기 기준장 도체에 의해 발생되는 자기장에 반응하지 않지만, 측정된(외부 또는 정상) 자기장에 반응한다.

[0111] 위상 2 배치에 있어서, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들은 도 5 및 도 5a와 함께 전술한 연결 배치와 동일하거나 유사하게 상기 기준장-센싱 구성 내에 연결된다. 상술한 논의로부터, 상기 기준장-센싱 구성 내일 때, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들이 도면 용지에 직교하는 자기장들에 대해 대향하는 방향들로 반응하는 점이 이해될 것이다.

[0112] 상기 2개의 자기장 센싱 요소들의 상기 위상 2 배치에 있어서, 상기 위상 1 배치에서 도시된 동일한 기준장 도체인 상기 기준장 도체는 전류 IREF를 운반한다. 상기 위상 1 배치에서 기술한 바와 같이, 상기 전류 IREF는 대향하는 방향들인 상기 2개의 자기장 센싱 요소들에서 자기장들을 발생시킨다. 상기 기준장-센싱 구성 내의 상기 2개의 자기장 센싱 요소들이 자기장들에 대해 대향하는 감도들을 가지기 때문에, 상기 전류 IREF의 존재에서, 여기서 "기준 자기장-반응 신호"로 언급되는 제로가 아닌 출력 신호는 상기 2개의 자기장 센싱 요소들에 의해 발생된다. 따라서, 상기 위상 2 배열에서 연결될 때, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들 상기 기준장 도체에 의해 발생되는 자기장에 반응하지만, 측정된(외부 또는 정상) 자기장에 반응하지 않는다.

[0113] 다음의 논의로부터 자기장 센서가 상기 위상 1 및 위상 2 배치들 사이에서 전후로 교대로 동작할 수 있는 점이 명백해질 것이다. 이러한 선택적인 배치로, 상기 측정장-센싱 구성이 항상 동일하고, 이에 따라 상기 2개의 홀 요소들의 초핑(chopping)이 존재하지 않는 점이 명백해야 한다. 상기 측정장-센싱 구성 내의 초핑은 도 7 및 도 10과 함께 다음에 보다 상세하게 기술한다.

[0114] 이들이 동일한 2개의 자기장 센싱 요소들로부터 함께 취해지지만 다른 시간들에서 취해지기 때문에, 상기 측정된 자기장-반응 신호 및 상기 기준 자기장-반응 신호는 여기서는 간단하게 자기장들에 반응하는 "자기장 신호"로 언급된다.

[0115] 다음의 도면들로부터, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들, 예를 들면, 도 6의 2개의 자기장 센싱 요소들의 결합들이 전방 및 후방으로 선택되기 때문에, 상기 자기장 신호가 상기 측정장-센싱 구성 내에 연결될 때에 측정된 자기장에 반응하는 상기 측정된 자기장-반응 신호 부분들 및 상기 기준장-센싱 구성 내에 연결될 때에 기준 자기장에 반응하는 자기장-반응 신호 부분들 모두를 가지는 점이 분명하게 될 것이다. 다음에 상세하게 기술하는 바와 같이, 상기 측정장-센싱 구성 및 상기 기준장-센싱 구성이 시간 분할 다중화(time division multiplexing)를 이용하여 전후로 교대로 일어나기 때문에, 상기 측정된 자기장-반응 신호 부분들이 다음에 보다 상세하게 기술하는 방식들로 상기 기준 자기장-반응 신호 부분들로부터 분리될 수 있다.

[0116] 이제 도 7을 참조하면, 동일한 2개의 자기장 센싱 요소들인 2개의 자기장 센싱 요소들은 둘은 상기 측정장-센싱 구성 내이고 둘은 상기 기준장-센싱 구성 내인(각 구성과 관련되는 2X 초핑 배치) 네 가지 다른 위상 배치들내에 도시된다. 상기 네 가지 다른 위상 배치들은 도 12와 함께 다음에 보다 상세하게 기술하는 스위칭 회로에 의하여 연속적이고 반복적으로 구현된다.

[0117] 위상 1 배치를 먼저 참조하면, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들은 상기 측정장-센싱 구성 내에 연결되며, 이는 도 4와 함께 전술한 상기 측정장-센싱 구성 연결 배치와 동일하거나 유사하다. 상술한 바와 같이, 이러한 연결 배치로써, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들은 주위 환경으로부터 수신되고 측정된(외부) 자기장에 반응하여 상기 측정된 자기장-반응 신호를 총괄적으로 발생시킬 수 있는 바와 같이 외부 자기장에 반응한다.

[0118] 기준장 도체는 파선으로 도시되며, 이러한 파선은 상기 기준장 도체에 의해 운반되는 전류가 없는 것을 나타낸다. 그러나, 선택적인 실시예에서, 상기 기준장 도체가 전류를 운반할 수 있다.

[0119] 위상 2 배치에 있어서, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들은 상기 기준장-센싱 구성 내에 연결되며, 이는 도 5 및 도 5a와 함께 상술한 기준장 연결 배치와 동일하거나 유사하다. 전술한 논의로부터, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들이 도면 용지에 직교하는 자기장에 대해 대향하는 방향들로 반응하는 방식으로 상기 2개의 자기장 센싱 요소들이 연결되는 점이 이해될 수 있을 것이다.

[0120] 상기 2개의 자기장 센싱 요소들의 상기 위상 2 배치에 있어서, 상기 위상 1 배치에 도시된 동일한 기준장 도체인 상기 기준장 도체는 전류 IREF를 운반한다. 상기 전류 IREF는 대향하는 방향들인 상기 2개의 자기장 센싱 요소들에서 자기장들을 발생시킨다. 상기 기준장-센싱 구성 내의 상기 2개의 자기장 센싱 요소들이 자기장에 대해 반대의 감도들을 가지기 때문에, 상기 전류 IREF의 존재에서, 제로가 아닌 출력 신호, 상기 기준 자기장-반응 신호가 상기 2개의 자기장 센싱 요소들에 의해 발생된다. 상기 위상 2 배열에 있어서, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들은 상기 기준장 도체에 의해 발생되는 자기장에 반응하거나 및/또는 상기 측정된(외부의) 자기장에 반응하지 않는다.

[0121] 위상 3 배치에 있어서, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들은 상기 측정장-센싱 구성 내에 다시 연결된다. 그러나, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들은 상기 위상 1 배치에 도시된 경우로부터 역의 극성을 가지도록 연결된다. 이러한 반대 극성은, 예를 들면, 도 3-도 3c와 함께 설명된 전술한 상기 2개의 자기장 센싱 요소들의 초핑의 일부를 나타낸다.

[0122] 상기 홀 요소들 내부의 화살표들의 다른 방향들은 개개의 홀 요소들의 단자들의 선택된 둘에 대한 구동 신호들(도시되지 않음)의 다른 연결들을 나타낸다. 종래의 홀 요소들은 4개의 단자 장치들이며, 여기서 상기 단자들의 둘은 구동 전류를 통과시키도록 연결되며, 나머지 두 단자들은 차동 출력 신호를 제공한다. 상기 네 개의 단자들이 적어도 네 가지 다른 구성들 내에 연결될 수 있는 점이 인식될 수 있을 것이다. 개개의 홀 요소가 둘 또는 그 이상의 이들 다른 구성들 내로 연결되고 둘 또는 그 이상의 이들 다른 구성들로부터의 상기 출력 신호들이 산술적으로 처리되는(예를 들면, 합해지거나 그렇지 않으면 평균으로 되는) 경우, 산술적으로 처리된 신호는 상기 다른 구성들의 임의의 하나에서 취해진 상기 출력 신호 보다 오프셋 전압(offset voltage)을 덜 가진다. 다른 구성들과 관련된 이러한 출력 신호들의 합산이나 평균화는 전술한 "초핑(chopping)"에 상응한다.

[0123] 도 7의 배치, 특히, 위상 1 및 위상 3의 두 측정장--센싱 구성들은 상기 2개의 홀 요소들의 2x 초핑을 나타낸다. 기본적으로, 다른 시간들에서 일어나는 상기 측정된 자기장-반응 신호 부분들은 오프셋 전압을 감소시키도록 산술적으로 처리될 수 있다.

[0124] 상기 2개의 자기장 센싱 요소들의 상기 위상 3 배치에 있어서, 상기 위상 1 및 위상 2 배치들에 도시된 동일한 기준장 도체인 상기 기준장 도체는 전류를 운반하지 않는다. 그러나, 선택적인 실시예에서, 상기 기준장 도체가 전류를 운반할 수 있다. 상기 위상 1 배치를 위한 경우와 동일하게, 상기 위상 3 배치에서, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들은 기준장 도체에 의해 운반되는 전류에 의해 발생되는 상기 자기장에 다시 총괄적으로 반응하지 않지만, 외부 자기장에는 반응한다.

[0125] 위상 4 배치에 있어서, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들은 상기 기준장-센싱 구성 내에 다시 연결된다.

[0126] 상기 2개의 자기장 센싱 요소들의 상기 위상 4 배치에 있어서, 상기 위상 1, 위상 2 및 위상 3 배치들에 도시된 상기 기준장 도체와 다시 동일한 상기 기준장 도체는 상기 전류 IREF를 운반하지만, 상기 위상 2 배치들에서 도시된 경우로부터 대향하는 방향으로 운반한다. 상기 위상 2 배치를 위한 경우와 동일하게, 상기 위상 4 배치에서, 함께 취해지는 상기 2개의 자기장 센싱 요소들은 상기 전류 IREF에 의해 발생되는 상기 자기장들에 반응하고, 외부 자기장에 반응하지 않는다.

[0127] 이들이 동일한 2개의 자기장 센싱 요소들로부터 함께 취해지기 때문에, 상기 측정된 자기장-반응 신호 및 상기 기준 자기장-반응 신호는 여기서는 간단히 자기장들에 반응하는 "자기장 신호"로 언급된다.

[0128] 다음의 도면들로부터, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들, 예를 들면, 도 7의 2개의 자기장 센싱 요소들의 연결들이 전방 및 후방으로 선택되기 때문에, 상기 자기장 신호가 상기 측정장-센싱 구성 내에 연결될 때에 측정된 자기장에 반응하는 상기 측정된 자기장-반응 신호 부분들 및 상기 기준장-센싱 구성 내에 연결될 때에 기준 자기장에 반응하는 기준 자기장-반응 신호 부분들 모두를 가지는 점이 명백해질 것이다. 상기 측정장-센싱 구성 및 상기 기준 자기장-센싱 구성이 시간 분할 다중화를 이용하여 전후로 교대로 일어나기 때문에, 상기 측정된 자기장-반응 신호 부분이 다음에 보다 상세하게 기술하는 방식으로 상기 기준 자기장-반응 신호 부분으로부터 분리될 수 있다.

[0129] 이제 도 8을 참조하면, 상기 그래프(100)는 시간의 임의의 단위들로의 크기를 갖는 수평 축 및 전압의 임의의 단위들로의 크기를 갖는 수직 축을 포함한다. 자기장 신호(102)는, 예를 들면, 상기 네 위상들 동안에 도 7과 함께 상술한 상기 2개의 자기장 센싱 요소들에 의해 발생될 수 있는 바와 같은 자기장 신호를 나타낸다.

[0130] 상기 그래프(100)는 네 시간 간격들 t0－t1, t1－t2, t2－t3 및 t3－t4를 도시한다. 상기 시간 간격들 t0－t1, t1－t2, t2－t3 및 t3－t4의 각 하나는 도 7의 위상 1, 위상 2, 위상 3 및 위상 4의 각 하나에 대응된다. 상기 자기장 신호(102)는, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들이 상기 네 위상들, 위상 1, 위상 2, 위상 3 및 위상 4를 통해 차례로 배열되면서 도 7의 2개의 자기장 센싱 요소들에 의해 발생될 수 있는 바와 같은 측정된 자기장-반응 신호 부분(102a), 기준 자기장-반응 신호 부분(102b), 측정된 자기장-반응 신호 부분(102c), 그리고 기준 자기장-반응 신호 부분(102d)을 포함한다.

[0131] 상기 두 측정된 자기장-반응 신호 부분들(102a, 102c)은, 구동 신호들의 다른 연결들로 인해 먼저 위상 1 내의 하나의 방향으로 및 이후에 위상 3 내의 다른 방향으로 크기를 갖는 상기 2개의 자기장 센싱 요소들에 의해 감지될 수 있는 바와 같이 외부 자기장의 크기를 나타내는 크기들을 가진다.

[0132] 상기 두 기준 자기장-반응 신호 부분들(102b, 102d)은, 먼저 위상 2 내의 하나의 방향으로 및 이후에 위상 4의 다른 하나의 방향으로 도 6의 기준 자기장 도체를 통과하는 전류 IREF에 의해 발생될 수 있는 바와 같은 상기 기준 자기장(대향하는 방향들로 두 기준 자기장 부분들을 갖는)의 크기를 나타내는 크기들을 가진다.

[0133] 상기 자기장 신호(102)는 오프셋 전압(104)을 가진다. 따라서, 상기 두 측정된 자기장-반응 신호 부분들(102a, 102c)은 상기 오프셋 전압(104)을 중심으로 하는 크기들을 가진다. 이와 유사하게, 상기 두 기준 자기장-반응 신호 부분들(102b, 102d)은 상기 오프셋 전압(104)을 중심으로 하는 크기들을 가진다.

[0134] 상기 오프셋 전압(104)이 바람직하지 않은 점이 이해되어야 할 것이다. 다음에 보다 상세하게 설명하는 기술들에 의하여, 상기 오프셋 전압(104)은 제거될 수 있다.

[0135] 도 8의 동일한 요소들이 동일한 참조 부호들을 가지는 것으로 도시되는 도 9를 참조하면, 그래프(120)는 도 8에 도시한 경우들과 같은 동일한 수평 축 및 동일한 수직 축을 가진다. 그러나 여기서, 단지 두 측정된 자기장-반응 신호 부분들(102a, 102c)이 시간 분할 다중화에 의하여 도 8의 자기장 신호(102)로부터 분리될 수 있는 바와 같이 도시된다.

[0136] 도 8의 동일한 요소들이 동일한 참조 부호들을 가지는 것으로 도시되는 도 10을 참조하면, 그래프(140)는 도 8에 도시한 경우들과 같은 동일한 수평 축 및 동일한 수직 축을 가진다. 그러나 여기서, 단지 두 기준 자기장-반응 신호 부분들(102b, 102d)이 시간 분할 다중화에 의하여 도 8의 자기장 신호(102)로부터 분리되어 나올 수 있는 바와 같이 도시된다.

[0137] 도 11을 참조하면, 2개의 자기장 센싱 요소들이 다시 도시되지만, 여기서는 여덟 가지 다른 위상들, 즉, 상기 자기장 센싱 요소들의 연결들 및 도체를 통한 전류의 방향들과 함께 도시된다. 도 6 및 도 7의 배치들과 같이, 위상들, 위상 1, 위상 2, 위상 3, 위상 4, 위상 5, 위상 6, 위상 7 및 위상 8은 상기 측정장-센싱 구성(즉, 측정 시간 간격들 동안) 내에 및 상기 기준 자기장-센싱 구성 내에(즉, 기준 시간 간격들 동안) 연결되는 상기 자기장 센싱 요소들을 갖는 경우들(각 구성과 관련된 4X 초핑 배치) 사이에서 전후로 교체된다. 여기에, 상기 전류가 상기 2개의 자기장 센싱 요소들의 매 다른 위상에 따른 방향으로 교대되는 점이 도시된다.

[0138] 다시, 위상 1, 위상 3, 위상 5 및 위상 7의 상기 측정장-센싱 구성들 내일 때, 상기 도체를 통한 전류는 파선들로 나타낸 바와 같이 턴 오프될 수 있다.

[0139] 위상 1, 위상 3, 위상 5 및 위상 7의 측정장-센싱 구성들은 상기 2개의 자기장 센싱 요소들 내에 다른 방향들의 화살표들로 나타낸 바와 같이 각기 구동 신호들(도시되지 않음)의 다른 연결들(즉, 네 가지 다른 연결들)을 가진다. 상기 네 가지 다른 연결들에 따라, 도 11에 도시된 배치가 4x 초핑 배치이며, 이들 네 가지 다른 위상들로부터의 출력 신호들이 상기 측정장-센싱 구성들 내일 때에 감소된 오프셋 전압을 구현하기 위하여 합산되거나 그렇지 않으면 평균으로 될 수 있는 점이 이해될 것이다.

[0140] 이제 도 12를 참조하면, 자기장 센서(200)는 여기서는 도전성 기준장 코일들의 형태로 도시된 2개의 기준장 도체들(206a, 206b)을 포함하고, 각 기준장 코일은 상기 2개의 기준장 코일들을 통해 흐르는 전류에 반응하여 대향하는 방향들로 자기장들을 발생시키기 위하여 다른 것으로부터 대향하는 방향으로 권취된다. 상기 2개의 기준장 도체들(206a, 206b)은 직렬로 연결되며, 스위칭 회로(204)에 의하여 전류(202)를 수용하도록 연결된다. 컨트롤 신호(204a)에 반응하여, 상기 스위칭 회로(204)는 상기 2개의 기준장 도체들(206a, 206b)을 통과하는 상기 전류(202)의 방향을 주기적으로 반전시키도록 동작할 수 있다 .

[0141] 상기 자기장 센서(200)는 또한 여기서 2개의 홀 요소들의 형태로 도시된 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)을 포함한다. 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(206, 208)은 스위칭 회로(212) 내에서 연결된다. 2개의 홀 요소들(208, 210)이 도시되지만, 다른 실시예들에서, 유사한 회로들과 기능성이 2개 또는 그 이상의 자기저항 요소들로 구현될 수 있다.

[0142] 제어 신호(212a)에 반응하여, 상기 스위칭 회로(212)는 도 6, 도 7 및 도 11과 함께 이전에 도시한 상기 측정장-센싱 구성 내로 및 상기 기준장-센싱 구성 내로 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)을 전방 및 후방으로 연결하도록 동작할 수 있다. 상기 스위칭의 전환은 도 6에 나타낸 바와 같은 상기 측정장-센싱 구성 내일 때에 초핑이 없을 수 있고, 도 7에 나타낸 바와 같은 상기 측정장-센싱 구성 내일 때에 2x 초핑을 가질 수 있으며, 도 11에 나타낸 바와 같은 상기 측정장-센싱 구성 내일 때에 4x 초핑을 가질 수 있거나, 다른 초핑 배치들을 가질 수 있다.

[0143] 차동 전자 자기장 신호가 될 수 있는 자기장 신호는 기준 지시자(designator) A에 의해 확인된다. 상술한 바와 같이, 상기 자기장 신호 A는 상기 측정장-센싱 구성 내에 연결될 때에 측정된 자기장에 반응하는(그리고 기준 자기장에 반응하지 않는) 측정된 자기장-반응 신호 부분 및 상기 기준장-센싱 구성 내에 연결될 때에 상기 기준 자기장에 반응하는(그리고 상기 측정된 자기장에 반응하지 않는) 기준 자기장-반응 신호 부분 모두를 포함할 수

있다. 상기 두 신호 부분들은, 예를 들면, 도 6, 도 7 또는 도 11과 함께 상술한 바와 같이 주기적이고 교대로 일어날 수 있다.

[0144] 스위칭 회로(214)는 상기 차동 신호, 즉, 상기 자기장 신호 A를 수신하도록 연결되고, 기준 지시자 B에 의해 확인되는 차동 신호로 도시되는 스위치된 신호를 발생시키도록 구성된다. 상기 스위칭 회로(212)와 결합하여 상기 스위칭 회로(214)가 상기 2개의 홀 요소들(208, 210)의 풀 초핑(full chopping)을 제공하며, 상기 스위칭 회로들(214, 212)이 각기 도 3의 상기 스위치들(80a-80d, 76a-76d)에 상당하는 점이 이해되어야 할 것이다. 그러나, 2X 초핑을 나타내는 도 3-도 3c의 배치와는 달리, 도 12의 스위칭 회로들(212, 214)은, 예를 들면, 도 11에 도시한 바와 같은 4X 초핑을 나타낸다.

[0145] 상기 스위칭 회로(214)는 제어 신호(214a)를 수신하도록 연결된다. 증폭기(216)는 상기 스위치된 신호 B를 수신하도록 연결되고, 기준 지시자 C에 의해 확인되는 차동 신호로 도시되는 증폭된 신호를 발생시키도록 구성된다.

[0146] 제1 회로 채널의 일부에 있어서, 즉, 측정장-센싱 채널(여기서는 이른바 "일차 회로 경로"로도 언급된다), 스위칭 회로(218)는 상기 차동 신호 C를 수신하도록 연결되고, 기준 지시자 D에 의해 확인되는 차동 신호로 도시되는 스위치된 신호를 발생시키도록 구성된다.

[0147] 상기 제1 회로 채널의 다른 부분에 있어서, 필터 회로(220)는 상기 차동 신호 D를 수신하도록 연결되고, 다른 필터 회로(222)에 의해 수신되는 필터링된 신호를 발생시키도록 구성된다. 상기 필터 회로(222)는 기준 지시자에 의해 확인되는 차동 신호로 나타낸 신호 F를 발생시키도록 구성될 수 있다. 상기 신호 F는 전술한 측정된 자기장-반응 신호 부분일 수 있다.

[0148] 제2 회로 채널의 일부에 있어서, 즉, 이른바 "피드백 회로 경로"응 제공할 수도 있는 기준장-센싱 채널에서, 스위칭 회로(224)는 상기 차동 신호 C를 수신하도록 연결되고 기준 지시자 E에 의해 확인되는 차동 신호로 도시되는 스위치된 신호를 발생시키도록 구성된다.

[0149] 상기 제2 회로 채널의 다른 부분에 있어서, 필터 회로(226)는 상기 차동 신호 E를 수신하도록 연결되고 다른 필터 회로(228)에 의해 수신되는 필터링된 신호를 발생시키도록 구성된다. 상기 필터 회로(228)는 기준 지시자 G에 의해 확인되는 차동 신호로 도시되는 출력 신호를 발생시키도록 구성될 수 있다. 상기 출력 신호 G는 전술한 기준 자기장-반응 신호일 수 있다.

[0150] 상기 출력 신호들 F 및 G, 즉, 상기 측정된 자기장-반응 신호 부분 및 상기 기준 자기장-반응 신호 부분은 반복적이고 주기적으로 전환(back and forth)이 일어날 수 있다.

[0151] 상기 자기장 센서(200)는 또한 상기 출력 신호 G, 즉, 상기 기준 자기장-반응 신호를 수신하도록 연결되고, 기준 신호 VREF를 수신하도록 연결되며, 에러(error) 신호(219a)를 발생시키도록 구성되는 증폭기(219)를 포함할 수 있다. 바이어스(bias) 회로는 상기 에러 신호(219a)를 수신하도록 연결될 수 있고, 일부 실시예들에서 상기 스위칭 회로(212)에 의하여 상기 2개의 홀 요소들(208, 210)의 각각의 2개의 단자들을 통해 구동되고 통과하도록 구성되는 전류 신호들이 될 수 있는 바이어스 신호들(230a, 230b)을 발생시키도록 구성될 수 있다.

[0152] 동작 시에, 상기 에러 신호(219a)는 상기 바이어스 신호들(230a. 230b)의 크기를 조절한다. 상기 기준 신호 VREF에 대해 너무 큰 출력 신호 G가 상기 바이어스 신호들(230a, 230b)의 감소를 가져온다. 따라서, 상기 자기장 센서(200)의 유효 이득 또는 감도는 상기 기준 전압 VREF와 관련되어 컨트롤된다.

[0153] 일부 선택적인 실시예들에 있어서, 상기 에러 신호(219a)는 상기 증폭기(216)의 이득을 대신 조절한다.

[0154] 일부 다른 선택적인 실시예들에 있어서, 상기 증폭기(219)가 사용되지 않으며, 대신에 상기 출력 신호 G가 상기 출력 신호 F에 관련된 신호의 크기를 조절하도록 다른 프로세서(도시되지 않음)에 의해 수신되고 이용된다.

[0155] 상기 자기장 센서(200)의 다른 동작을 도 13-도 24와 함께 다음에 기술한다. 특히, 도 13은 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)이 상기 측정장-센싱 구성 내에 반복적이고 주기적으로 연결될 때에 도 12의 자기장 센서(200)를 나타낸다. 이와 유사하게, 도 19는 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)이, 예를 들면, 도 7의 기준장-센싱 구성 내에 반복적이고 주기적으로 연결될 때에 도 12의 자기장 센서(200)를 나타낸다.

[0156] 도 12와 동일한 요소들에 대해서는 동일한 참조 부호들을 사용하는 도 13을 이제 참조하면, 상기 측정된 자기장-반응 신호 F를 발생시키는 제1 채널만을 갖는 도 12의 자기장 센서(200)의 부분(300)이 도시된다.

[0157] 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)이 상기 측정장-센싱 구성 내에 반복적이고 주기적으로 연결될 때, 상기 스위칭 회로(204)는 임의의 구성 내로 연결될 수 있다. 여기서는 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)

이 상기 스위칭 회로(212)에 의해 상기 측정장-센싱 구성 내로 연결되는 매 시간에 상기 스위칭 회로(204)가 통과하는 것을 의미하는 상기 스위칭 회로(204)가 스위칭되지 않은 점이 도시된다.

[0158] 또한, 상기 측정장-센싱 구성 내일 때, 상기 2개의 기준장 코일들(206a, 206b)을 통한 전류(202)가 제로로 설정될 수 있다. 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)이 상기 측정장-센싱 구성 내에 연결될 때, 함께 취해지는 이들이 동일한 방향으로 자기장들에 반응하고, 상기 2개의 기준장 코일들(206a, 206b)에 의한 대향하는 방향들로 발생될 수 있는 자기장들에 반응하지 않는 점이 상술한 논의로부터 이해될 것이다. 따라서, 상기 전류(202)는 전력을 절감하기 위해 제로로 설정될 수 있다.

[0159] 상기 스위칭 회로(214)는 상기 스위칭 회로(212)에 의한 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)의 각각의 측정장-센싱 구성 연결의 발생에 따라 상기 스위칭 회로(214)가 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)과 상기 증폭기(216) 사이의 연결들을 반전시키는 것을 의미하는 스위칭되는 상기 스위칭 회로(214)의 내측의 스위칭 기호에 의하여 도시된다. 이는 다음에 상세하게 기술하는 바와 같이 상기 자기장 신호 A의 성분들의 주파수 이동을 가져온다.

[0160] 상기 스위칭 회로(218)는 또한 상기 스위칭 회로(212)에 의한 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)의 각각의 상기 측정된 자기장 구성 연결들의 발생에 따라, 상기 스위칭 회로(218)가 상기 증폭기(216)와 상기 필터 회로(220) 사이의 연결들을 반전시키는 것을 다시 의미하는 스위칭되는 상기 스위칭 회로(218)의 내측의 스위칭 기호에 의하여 나타난다. 이는 또한 다음에 상세하게 기재하는 바와 같이 상기 증폭된 신호 C의 성분들의 다른 주파수 이동을 가져온다.

[0161] 나타낸 바와 같이, 상기 제어 신호들(214a, 218a) fck의 스위칭 속도로 각각의 스위칭 회로들(214, 218)을 스위치한다. 대조적으로, 상기 스위칭 회로(212)는 상기 스위칭 회로(212)가 상기 컨트롤 신호(212a)의 매 다른 클록 사이클 상에서 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)의 상기 측정장-센싱 구성을 구현하는 점을 의미하는 2fck의 스위칭 속도로 스위치한다.

[0162] 도 14-도 18은 동작의 정상 구성 모드 내에 반복적이고 주기적으로 연결되는 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)로 상기 자기장 센서(200)의 부분(300) 내에서 일어나는 상기 신호들 A, B, C, D 및 F의 주파수 도메인 그래프들을 나타낸다. 특히, 도 14－도 18은 상기 동작의 측정장-센싱 구성 모드를 위한 도 11의 4x 초핑을 나타낸다.

[0163] 도 14를 참조하면, 그래프(320)는 주파수의 임의의 단위들로의 크기를 갖는 수평 축 및 규모의 임의의 단위들로의 크기를 갖는 수직 축을 가진다. 상기 그래프(320)는 정지된, 즉 변화하지 않는 자기장의 존재 내일 때에 2개의 스펙트럼 라인들을 포함한다. 상기 자기장은 감지된 또는 외부의 자기장이다.

[0164] 상기 그래프(320)는 도 13의 자기장 센서 부분(300)과 관련된 상기 자기장 신호 A, 즉, 상기 자기장 센싱 요소들(208, 210)이 상기 측정장-센싱 구성 내에 반복적이고 주기적으로 연결될 때에 취해지는 상기 자기장 신호 A를 나타낸다.

[0165] 제1 스펙트럼 라인(좌측)은 DC에서 발생되고, 외부 또는 감지된 자기장의 크기 Bext 플러스 도 13의 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)에 의해 발생되는 원하지 않는 잔여 오프셋 전압(초핑 후)에 대응되는 크기를 가진다.

[0166] 제2 스펙트럼 라인은 fck/2의 주파수에서 발생되며, 전술한 4X 초핑으로부터 유래된다.

[0167] 제3 스펙트럼 라인은 fck의 주파수에서 발생되고, 또한 상술한 4X 초핑으로부터 유래된다. 기본적으로, 상기 4X 초핑은 다른 하나 직후의 하나가 되는 두 2X 초핑들로 간주될 수 있으며, 이에 따라 fck의 주파수에서 상기 스펙트럼 라인은 2X 초핑이 사용될 경우에 일어날 수 있는 것과 같다.

[0168] 이제 도 15를 참조하면, 그래프(330)는 주파수의 임의의 단위들로의 크기를 갖는 수평 축 및 규모의 임의의 단위들로의 크기를 갖는 수직 축을 가진다. 상기 그래프(330)는 정지된, 즉, 변화하지 않는 자기장 내일 때의 3개의 스펙트럼 라인들을 포함한다. 상기 자기장은 감지된 또는 외부의 자기장이다.

[0169] 상기 그래프(330)는 상기 자기장 센싱 요소들(208, 210)이 상기 측정장-센싱 구성 내에 반복적이고 주기적으로 연결될 때에 취해진 도 13의 자기장 센서 부분(300)과 관련된 상기 자기장 신호 B를 나타낸다.

[0170] 알 수 있는 바와 같이, 도 12 및 도 13의 스위칭 회로(214)의 동작에 의해, 주파수들이 이동되었다.

[0171] 제1 스펙트럼 라인(좌측)은 DC에서 일어나고, 도 14의 제3 스펙트럼 라인의 크기에 관련된 크기를 가진다.

[0172] 제2 스펙트럼 라인은 fck/2의 주파수에서 발생되고, 도 14의 제2 스펙트럼 라인의 크기에 관련된 크기를 가진다.

[0173] 제3 스펙트럼 라인은 fck의 주파수에서 발생되며, 상기 외부의 또는 감지된 자기장의 크기 Bext 플러스 도 13의 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)에 의해 발생되는 원하지 않는 잔여 오프셋 전압(초핑 후)에 대응되는 도 14의 제1 스펙트럼 라인의 크기에 관련된 크기를 가진다.

[0174] 도 16을 참조하면, 그래프(340)는 주파수의 임의의 단위들로의 크기를 갖는 수평 축 및 규모의 임의의 단위들로의 크기를 갖는 수직 축을 가진다. 상기 그래프(340)는 정지된, 즉, 변화하지 않는 자기장의 존재일 때에 3개의 스펙트럼 라인들을 포함한다. 상기 자기장은 감지된 또는 외부의 자기장이다.

[0175] 상기 그래프(340)는 상기 자기장 센싱 요소들(208, 210)이 상기 측정장-센싱 구성 내에 반복적이고 주기적으로 연결될 때에 취해진 도 13의 자기장 센서 부분(300)과 관련되는 상기 자기장 신호 C를 나타낸다.

[0176] 알 수 있는 바와 같이, 상기 증폭기(216)는 오프셋 성분 AmpOff를 DC에서 나타나는 도 15의 제1 스펙트럼 라인에 더한다. 그렇지 않으면, 도 16의 3개의 스펙트럼 라인들은 도 15의 경우들과 동일하지만, 상기 증폭기(216)의 이득에 따라 크기가 조절된다.

[0177] 도 17을 참조하면, 그래프(350)는 주파수의 임의의 단위들로의 크기를 갖는 수평 축 및 규모의 임의의 단위들로의 크기를 갖는 수직 축을 가진다. 상기 그래프(350)는 정지된, 즉, 변화하지 않는 자기장의 존재일 때에 3개의 스펙트럼 라인들을 포함한다. 상기 자기장은 감지된 또는 외부의 자기장이다.

[0178] 상기 그래프(350)는 상기 자기장 센싱 요소들(208, 210)이 상기 측정장-센싱 구성 내에 반복적이고 주기적으로 연결될 때에 취해진 도 13의 자기장 센서 부분(300)과 관련되는 상기 자기장 신호 D를 나타낸다.

[0179] 알 수 있는 바와 같이, 도 12 및 도 13의 스위칭 회로(218)의 동작에 의하여 주파수들이 이동되었다.

[0180] 제1 스펙트럼 라인(좌측)은 DC에서 일어나고, 상기 외부의 또는 감지된 자기장의 크기 Bext 플러스 도 13의 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)에 의해 발생되는 원하지 않는 잔여 오프셋 전압(초핑 후)에 대응되는 도 16의 제3 스펙트럼 라인의 크기와 관련된 크기를 가진다.

[0181] 제2 스펙트럼 라인은 fck/2의 주파수에서 일어나며, 도 16의 제2 스펙트럼 라인의 크기에 관련된 크기를 가진다.

[0182] 제3 스펙트럼 라인은 fck의 주파수에서 일어나고 도 16의 제1 스펙트럼 라인의 크기에 관련된 크기를 가진다.

[0183] 이제 도 18을 참조하면, 그래프(360)는 주파수의 임의의 단위들로의 크기를 갖는 수평 축 및 규모의 임의의 단위들로의 크기를 갖는 수직 축을 가진다. 상기 그래프(360)는 정지된, 즉, 변화하지 않는 자기장의 존재 내일 때에 하나의 스펙트럼 라인을 포함한다. 상기 자기장은 감지된 또는 외부의 자기장이다.

[0184] 상기 그래프(360)는 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)이 상기 측정장-센싱 구성 내에 반복적이고 주기적으로 연결될 때에 취해진 도 13의 자기장 센서 부분(300)과 관련된 상기 자기장 신호 F를 나타낸다.

[0185] 알 수 있는 바와 같이, 도 12 및 도 13의 필터 회로들(220, 222)의 동작에 의해, 도 17의 일부 스펙트럼 성분들이 제거되었고, 상기 외부의 또는 감지된 자기장의 크기 Bext 플러스 도 13의 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)에 의해 발생되는 상기 원하지 않는 잔여 오프셋 전압 ResOff(초핑 후)에 대응되는 크기를 갖는 상기 스펙트럼 라인만이 남겨진다. 도 18의 스펙트럼 라인은 전술한 측정된 자기장-반응 신호를 나타낸다.

[0186] 도 12와 동일한 부재들에 대해서는 동일한 참조 부호들을 사용하는 도 19를 참조하면, 상기 기준 자기장-반응 신호 G를 발생시키는 상기 제2 채널만을 갖는 도 12의 자기장 센서(200)의 부분(400)은 도시된 요소들을 포함한다.

[0187] 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)이 상기 기준장-센싱 구성 내에 반복적이고 주기적으로 연결될 때, 상기 스위칭 회로(204)는 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)이 상기 스위칭 회로(212)에 의해 상기 기준장-센싱 구성 내로 연결되는 매 시간에 상기 전류(202)의 방향을 반전시키도록 스위치한다.

[0188] 상기 기준장-센싱 구성 내일 때, 상기 2개의 기준장 코일들(206a, 206b)을 통한 전류(202)는 IREF의 값으로 설정될 수 있다. 상술한 논의로부터, 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)이 상기 기준장-센싱 구성 내에 연결될 때, 함께 취해지는 이들이 각기 상기 2개의 기준장 코일들(206a, 206b)에 의한 대향하는 방향들로 발생될 수 있는 바와 같은 대향하는 방향들로의 자기장들에 반응하며, 외부의 또는 감지된 자기장이 될 수 있는 바와

같은 동일한 방향으로의 자기장에 반응하지 않는 점이 이해될 것이다.

[0189] 상기 스위칭 회로(214)는, 상기 스위칭 회로(212)에 의해 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)의 각각의 상기 기준장-센싱 구성 연결들의 발생에 따라, 상기 스위칭 회로(214)가 스위칭 없이 단지 상기 자기장 신호 A를 상기 신호B로서 상기 증폭기(216)로 통과시키는 것을 의미하는 스위칭 되지 않는 것으로 도시된다. 이는 다음에 상세하게 기술하는 바와 같이 상기 자기장 신호 A의 성분들의 주파수 이동이 없는 결과를 가져온다.

[0190] 대조적으로, 상기 스위칭 회로(224)는, 상기 스위칭 회로(212)에 의한 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)의 상기 기준장-센싱 구성 연결들의 각각의 발생에 따라, 상기 스위칭 회로(218)가 상기 증폭기(216)와 상기 필터 회로(226) 사이에 연결들을 반전시키는 것을 의미하는 스위칭되는 상기 스위칭 회로(214)의 내부의 스위칭 기호에 의해 도시된다. 이는 다음에 상세하게 설명하는 바와 같이 상기 증폭된 신호 C의 성분들의 주파수 이동을 가져온다.

[0191] 나타낸 바와 같이, 상기 컨트롤 신호들(204a, 224a)은 fck의 스위칭 속도로 각 스위칭 회로들(204, 224)을 스위치한다. 대조적으로, 상기 스위칭 회로(212)는, 상기 스위칭 회로(212)가 상기 컨트롤 신호(212a)의 매 다른 클록 사이클 상에서 및 상기 클록 사이클들의 매 다른 하나들 상에서 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)의 상기 기준장-센싱 구성을 구현하는 것을 의미하는 2fck의 스위칭 속도로 스위치한다.

[0192] 도 20-도 24는 상기 동작의 기준장-센싱 구성 모드에 반복적이고 주기적으로 연결된 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)로 상기 자기장 센서(200)의 부분(400) 내에서 일어나는 상기 신호들, A, B, C, E 및 G의 주파수 도메인 그래프들을 나타낸다. 특히, 도 20-도 24는 상기 동작의 기준장-센싱 구성 모드를 위한 도 11의 4x 초핑을 나타낸다.

[0193] 이제 도 20을 참조하면, 그래프(420)는 주파수의 임의의 단위들로서의 크기를 갖는 수평 축과 규모의 임의의 단위들로의 크기를 갖는 수직 축을 가진다. 상기 그래프(420)는 상기 스위칭 회로(204)의 동작에 의한 상기 전류(202)의 주기적인 반전에 의해 발생되는 주기적으로 반전되는 기준 자기장의 존재 내일 때에 2개의 스펙트럼 라인들을 포함한다.

[0194] 상기 그래프(420)는 도 19의 자기장 센서 부분(400)에 연관된 상기 자기장 신호 A, 즉, 상기 자기장 센싱 요소들(208, 210)이 상기 기준장-센싱 구성 내에 반복적이고 주기적으로 연결될 때에 취해진 상기 자기장 신호 A를 나타낸다.

[0195] 제1 스펙트럼 라인(좌측)은 DC에서 일어나고, 상기 외부의 또는 감지된 자기장의 잔여 감도의 크기 ResBext 플러스 도 19의 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)에 의해 발생되는 원하지 않는 오프셋 전압(초핑 없는)에 대응되는 크기를 가진다.

[0196] 제2 스펙트럼 라인은 fck의 주파수에서 일어나며, 상기 2개의 기준장 코일들(206a, 206b)에 의해 발생되는 상기 기준 자기장의 크기에 대응되는 크기 Bcal을 가진다. 이러한 스펙트럼 라인은 상기 스위칭 회로(204)의 스위칭의 동작에 의해 상기 주파수 fck로 이미 이동되었다.

[0197] 도 21을 참조하면, 그래프(430)는 주파수의 임의의 단위들로서의 크기를 갖는 수평 축과 규모의 임의의 단위들로의 크기를 갖는 수직 축을 가진다. 상기 그래프(430)는 상기 스위칭 회로(204)의 동작에 의한 상기 전류(202)의 주기적 반전에 의해 발생되는 주기적으로 반전되는 기준 자기장의 존재에서 일 때에 2개의 스펙트럼 라인들을 포함한다.

[0198] 상기 그래프(430)는 상기 자기장 센싱 요소들(208, 210)이 상기 기준장-센싱 구성 내에 반복적이고 주기적으로 연결될 때에 취해진 도 19의 자기장 센서 부분(400)에 연관된 상기 자기장 신호 B를 나타낸다.

[0199] 상기 2개의 자기장 센싱 요소들(208, 210)이 상기 기준장-센싱 구성 내에 연결될 때에 도 12 및 도 19의 스위칭 회로(214)가 단지 통로로서 작용하기 때문에, 상기 그래프(430)는 도 20의 그래프(420)와 동일한 스펙트럼 라인들을 가진다.

[0200] 도 22를 참조하면, 그래프(440)는 주파수의 임의의 단위들로서의 크기를 갖는 수평 축과 규모의 임의의 단위들로의 크기를 갖는 수직 축을 가진다. 상기 그래프(440)는 상기 스위칭 회로(204)의 동작에 의한 상기 전류(202)의 주기적 반전에 의해 발생되는 주기적으로 반전되는 기준 자기장의 존재일 때에 2개의 스펙트럼 라인들을 포함한다.

[0201] 상기 그래프(440)는 상기 자기장 센싱 요소들(208, 210)이 상기 기준장-센싱 구성 내로 반복적이고 주기적으로

연결될 때에 취해진 도 19의 자기장 센서 부분(400)에 연관된 상기 자기장 신호 C를 나타낸다.

[0202] 알 수 있는 바와 같이, 상기 증폭기(216)는 오프셋 성분 AmpOff를 DC에서 나타나는 도 21의 스펙트럼 라인에 더한다. 그렇지 않으면, 도 22의 2개의 스펙트럼 라인들은 도 21의 경우들과 동일하지만, 증폭기(216)의 이득에 따라 크기가 조절된다.

[0203] 도 23을 참조하면, 그래프(450)는 주파수의 임의의 단위들로서의 크기를 갖는 수평 축과 규모의 임의의 단위들로의 크기를 갖는 수직 축을 가진다. 상기 그래프(450)는 상기 스위칭 회로(204)의 동작에 의한 상기 전류(202)의 주기적 반전에 의해 발생되는 주기적으로 반전되는 기준 자기장의 존재에서 일 때에 2개의 스펙트럼 라인들을 포함한다.

[0204] 상기 그래프(450)는 상기 자기장 센싱 요소들(208, 210)이 상기 기준장-센싱 구성 내에 반복적이고 주기적으로 연결될 때에 취해진 도 19의 자기장 센서 부분(400)에 연관된 상기 자기장 신호 E를 나타낸다.

[0205] 알 수 있는 바와 같이, 도 12 및 도 19의 스위칭 회로(224)의 동작에 의하여 주파수들이 이동되었다.

[0206] 제1 스펙트럼 라인(좌측)은 DC에서 일어나며, 도 22의 제2 스펙트럼 라인의 크기와 관련되고 상기 2개의 기준장 코일들(206a, 206b)에 의해 발생되는 상기 기준 자기장의 크기에 대응되는 크기 Bcal을 가진다. 이러한 스펙트럼 라인은 상기 스위칭 회로(224)의 동작에 의해 DC로 이동된다.

[0207] 제2 스펙트럼 라인은 fck의 주파수에서 일어나며, 도 22의 제1 DC 스펙트럼 라인의 크기에 관련된 크기를 가진다.

[0208] 이제 도 24를 참조하면, 그래프(460)는 주파수의 임의의 단위들로서의 크기를 갖는 수평 축과 규모의 임의의 단위들로의 크기를 갖는 수직 축을 가진다. 상기 그래프(460)는 하나의 스펙트럼 라인을 가진다.

[0209] 상기 그래프(460)는 상기 자기장 센싱 요소들(208, 210)이 상기 기준장-센싱 구성 내로 반복적이고 주기적으로 연결될 때에 취해진 도 19의 자기장 센서 부분(400)과 연관된 상기 자기장 신호 G를 나타낸다.

[0210] 알 수 있는 바와 같이, 도 12 및 도 19의 필터 회로들(226, 228)의 동작에 의해, 도 23의 다른 스펙트럼 라인들이 제거되었고, DC에서 상기 기준 자기장의 크기 Bcal에 대응되는 크기를 갖는 스펙트럼 라인만을 남긴다. 도 23의 스펙트럼 라인은 전술한 기준 자기장-반응 신호를 나타낸다.

[0211] 회로들과 기술들이 상기 자기장 센서의 보정의 측면에서 여기에 기술되지만, 동일한 기술들이 상기 자기장 센서의 자기 시험을 제공하는 데 사용될 수 있는 점이 이해되어야 할 것이다. 즉, 도 12 및 도 19의 기준 자기장-반응 신호 부분 G가, 예를 들면, 다른 프로세서에 의해, 상기 신호가 허용 가능한 한계들 내에 있는 지를 확인하도록 검사될 수 있다.

[0212] 도 12와 동일한 요소들에 대해서는 동일한 참조 부호들을 사용하는 도 25를 이제 참조하면, 자기장 센서(470)는 도 12의 필터 회로(228) 및 증폭기(219)가 스위치된 커패시터 회로(476)로 대체되는 점을 제외하면 도 12의 회로(200)와 같다. 상기 스위치된 커패시터 회로(476)는 도 26과 함께 다음에 보다 상세하게 기술된다. 그러나, 상기 스위치된 커패시터 회로(476)가 상기 필터 회로(228)뿐만 아니라 다른 필터 특성들과 유사한 sinx/x(sinc) 전달 함수(transfer function) 특성들을 갖는 전달 함수를 제공할 수 있는 것으로 말하기에 충분하다. 상기 스위치된 커패시터 회로(476)는 또한 단일 이득 대역폭(unity gain bandwidth)에 의해 특징지어지는 대역폭을 제공할 수 있다.

[0213] 상기 스위치된 커패시터 회로(476)는 2011년 8월 2일에 등록되고 본 발명의 양수인에게 양도되었으며, 그 개시사항이 여기에 참조로 포함되는 미국 특허 제7,990,209호에 도시되고 기재된 스위치된 커패시터 필터들의 하나와 동일하거나 유사할 수 있다.

[0214] 상기 자기장 센서(470)는 제1 시간 간격 동안에 제1 재분배(redistribution) 클록 주파수를 갖고 제2 시간 간격 동안에 제2 재분배 클록 주파수를 갖는 재분배 클록 신호(480a)를 발생시키도록 구성되는 클록 주파수 발생기(480)를 갖는 컨트롤 회로(478)를 포함한다. 일부 실시예들에 있어서, 상기 클록 주파수 발생기(480)는 상기 제1 및 제2 시간 간격들 동안에 동일한 주파수가 될 수 있는 샘플 클록 주파수로 샘플 클록 신호(480b)를 발생시키도록 더 구성된다.

[0215] 상기 스위치된 커패시터 회로(476)는 상기 재분배 클록 신호(480a)와 상기 샘플 클록 신호(480b)도 수신하도록 연결된다. 상기 스위치된 커패시터 회로(476)는 선택 가능한 단일 이득 주파수를 갖는 적분기(integrator)를 형성하며, 여기서 제1 단일 이득 주파수는 상기 제1 시간 간격 동안의 상기 제1 재분배 클록 주파수와 관련되고,

제2 단일 이득 주파수는 상기 제2 시간 간격 동안의 상기 제2 재분배 클록 주파수와 관련된다. 단일 이득 주파수들은 도 27-도 31과 함께 다음에 보다 상세하게 기술된다. 적분기가 DC에서 매우 높은 이득을 가지는 점이 이해될 것이다.

[0216] 일부 실시예들에 있어서, 바이어스 회로(482)는 상기 스위치된 커패시터 회로(476)로부터 상기 출력 신호(476a)를 수신하도록 연결될 수 있고, 상기 2개의 홀 요소들(208, 210)에 대한 구동 전류들을 구동할 수 있거나 그렇지 않으면 영향을 미칠 수 있는 바이어스 신호(482a, 482b)를 발생시키도록 구성될 수 있다. 따라서, 상기 바이어스 신호들(482a, 482b)이 상기 2개의 홀 요소들(208, 210)의 감도에 영향을 미칠 수 있는 점이 이해될 것이다.

[0217] 박스(472) 내부의 회로 요소들은 일차 회로 경로(primary circuit path)에 대응된다. 상기 일차 회로 경로(472)는 상술한 자기장-센싱 구성 내에 연결될 때에 상기 자기장 센싱 요소들(208, 210)에 의해 감지되는 측정된 자기장에 관련된 출력 신호 Vo를 발생시키도록 구성된다. 상기 일차 회로 경로는 이른바 "회로 정수(circuit parameter)", 예를 들면, 감도 및/또는 이득을 가진다.

[0218] 박스(474) 내부의 회로 요소들은 피드백 회로 경로(feedback circuit path)에 대응된다. 상기 피드백 회로 경로(474)는 상술한 기준장-센싱 구성 내에 연결될 때에 상기 코일들(206a, 206b)에 의해 발생되고 상기 자기장 센싱 요소들(208, 210)에 의해 감지되는 기준 자기장에 관련된 출력 신호 VCAL을 발생시키도록 구성된다. 상기 피드백 회로(474)는 또한 상기 일차 회로 경로(472)의 전술한 회로 정수(즉, 감도)를 컨트롤하도록 연결되는 상기 출력 신호(476a)(또한 이러한 실시예에서는 482a, 482b)를 발생시키도록 구성된다.

[0219] 박스(484) 내에 포함되는 상기 피드백 회로 경로(474)는 피드백 루프(loop)(484)에 대응된다. 상기 피드백 루프(484)는 또한 상기 일차 회로 경로(472)의 일부 요소들을 포함한다.

[0220] 상술한 바와 같이, 상기 스위치된 커패시터 회로(476)는 상기 재분배 클록 신호(480a)를 수신하도록 연결된다. 상기 재분배 클록 신호(480a)는, 상기 재분배 클록 신호(480a)의 주파수에 의해 컨트롤되는 전술한 단일 이득 주파수 이외에도, 상기 재분배 클록 신호(480a)의 주파수에 관련된 노치 주파수를 갖는 노치 특성을 가지는 상기 스위치된 커패시터 회로(476)를 야기한다. 결국, 상기 샘플 클록 신호(480a)의 주파수는 상기 재분배 클록 신호(480a)의 주파수, 예를 들면, 상기 재분배 클록 신호(480a)의 2^n배의 인자에 관련될 수 있다. 일반적으로, 상기 노치 특성의 가장 낮은 주파수 노치는 상기 재분배 클록 신호(480a)의 주파수에서 일어나고, 보다 높은 주파수 노치는 상기 샘플 클록 신호(480b)의 주파수에서 일어난다.

[0221] 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 시간 간격에 뒤따르는 상기 제2 시간 간격 동안에 일어나는 상기 제2 재분배 클록 주파수는 상기 제1 시간 간격 동안에 일어나는 상기 제1 재분배 클록 주파수 보다 낮을 수 있다.

[0222] 일부 실시예들에 있어서, 상기 클록 주파수 발생기(480)는 각기 둘 이상의 다른 시간들에서 둘 이상의 재분배 클록 주파수들을 갖는 상기 재분배 클록 신호(480a)를 발생시키도록 구성될 수 있다.

[0223] 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 시간 간격은 상기 자기장 센서(470)의 시동에 근접하는 시간에서 시작될 수 있고, 상기 제2 시간 간격은 상기 제1 시간 간격의 끝에 근접하는 시간에서 시작될 수 있다.

[0224] 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기장 센서(470)는 표적 물체(target object)(도시되지 않음)에 근접하여 배치될 수 있고, 상기 자기장 센서(470)는 상기 표적 물체의 이동을 감지하도록 구성될 수 있다. 이들 실시예들을 위하여, 상기 제1 시간 간격은 상기 표적 물체의 제1 이동에 근접하는 시간에서 시작될 수 있고, 상기 제2 시간 간격은 상기 제1 시간 간격의 끝에 근접하는 시간에서 시작될 수 있다.

[0225] 일부 실시예들에 있어서, 상기 피드백 회로(474)에 의해 컨트롤되는 상기 일차 회로 경로(472)의 회로 정수는 상기 자기장에 대한 일차 회로 경로(476)의 감도가 될 수 있다. 이를 위하여, 상기 출력 신호(476a)는 전술한 바와 같이 상기 바이어스 회로(482)에 의하여 상기 자기장 센싱 요소들(208, 210)의 감도를 컨트롤할 수 있다. 그러나, 다른 실시예들(도시되지 않음)에서, 상기 출력 신호(476a)는 유사한 결과를 구현하기 위해 상기 일차 회로 경로(472)의 감도를 제어하도록 증폭기 이득, 예를 들면, 상기 증폭기(216)의 이득을 컨트롤할 수 있다.

[0226] 상기 자기장 센싱 요소들의 감도를 제어하는 일부 실시예들에 있어서, 상기 바이어스 회로(482)는 전압 신호들로서 상기 바이어스 신호들(482a, 482b)을 발생시킨다. 다른 실시예들에 있어서, 상기 바이어스 회로(482)는 전류 신호들로서 상기 바이어스 신호들(482a, 482b)을 발생시킨다. 상기 자기장 센싱 요소들(208, 210)은 상기 전압 신호들 또는 상기 전류 신호들을 수신하도록 연결될 수 있다.

[0227] 도 32와 함께 다음에 보다 상세하게 기술하는 일부 실시예들에 있어서, 상기 피드백 회로(474)에 의해 컨트롤되는 상기 일차 회로 경로(472)의 회로 정수는 상기 일차 회로 경로의 오프셋 전압을 포함할 수 있다.

[0228] 도 30 및 도 31과 함께 다음에 보다 상세하게 설명하는 일부 실시예들에 있어서, 상기 스위치된 커패시터 회로(476)의 상기 제1 단일 이득 주파수 및 상기 스위치된 커패시터 회로(476)의 제2 단일 이득 주파수는 루프 안정도(loop stability)를 제공하도록 선택될 수 있다.

[0229] 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기장 센싱 요소들(208, 210)은 적어도 2개의 홀 효과 요소들을 포함한다.

[0230] 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기장 센싱 요소들(208, 210)은 적어도 2개의 자기저항 요소들을 포함한다.

[0231] 도 12와 함께 상술한 바와 같이, 상기 일차 회로 경로(472)는 그 기능들을 도 12와 함께 전술한 상기 제1 스위칭 회로(212) 및 상기 제2 스위칭 회로(204)를 포함할 수 있다.

[0232] 도 12-도 18과 함께 도시되고 기술된 일차 회로 경로 신호들 A, B, C, D 및 F는 도 25에도 도시된다. 25. 상기 일차 회로 경로(472)의 동작과 그 내부의 신호들 A, B, C, D 및 F는 도 12-도 18과 함께 기술한 경우들과 동일하다.

[0233] 피드백 회로 경로 신호 E는 도 13 및 도 23과 함께 도시하고 상술한 신호 E와 유사하다. 피드백 회로 경로 신호들 G' 및 G''는 도 13 및 도 24와 함께 도시되고 상술한 신호 G와 유사하다. 그러나, 상기 신호들 G' 및 G''는 도 19의 필터(228)에 의해 제공되는 필터링과는 다른 필터링을 겪는다. 상기 신호들 G' 및 G''는 또한 도 24에 나타낸 상기 DC 주파수와는 달리 느리게 변화하는 주파수들을 가지려는 경향이 있다. 또한, 상기 신호 G'는 상기 보정 신호 VCAL에 대한 정보를 운반하는 반면, 상기 신호 G''는 상기 보정 신호 VCAL가 상기 기준 신호 VREF와 어떻게 다른 가에 대한 정보를 운반한다.

[0234] 도 12-도 18과 함께 상술한 바와 같이, 상기 일차 회로 경로(472)는 상기 측정 시간 간격들 동안에 상기 측정된 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 전술한 신호를 선택하고 처리하도록 시간 다중화될 수 있으며, 상기 피드백 회로 경로(474)는 상기 측정 시간 간격들과 교차 배치되는(interleaved) 상기 기준 시간 간격들 동안에 상기 기준 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 전술한 신호를 선택하고 처리하도록 시간 다중화될 수 있다.

[0235] 상기 일차 회로 경로(472)는 상기 측정된 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 제1 센서 출력 신호로서 상기 출력 신호 Vo를 발생시키도록 구성될 수 있다. 도 12 및 도 19-도 24와 함께 상술한 바와 같이, 상기 피드백 회로 경로(474)는 상기 기준 자기장-반응 신호 부분을 나타내는 다른 제2 센서 출력 신호로서 상기 출력 신호 VCAL를 발생시키도록 구성될 수 있다. 일부 실시예들에 있어서, 상기 출력 신호 VCAL는 상기 자기장 센서(470)에 대해 내부에 있고 자기 보정 신호로 사용된다. 다른 실시예들에 있어서, 상기 출력 신호 VCAL은 상기 자기장 센서(470)의 외측에 제공되는 자기 시험 신호로 이용될 수 있다.

[0236] 이제 도 26을 참조하면, 스위치된 커패시터 회로(500)는 도 25의 스위치된 커패시터 회로(476)와 같이 사용될 수 있다. 상기 스위치된 커패시터 회로(500)는 적분기 배치를 형성하는 복수의 스위치들에 의해 둘러싸인 복수의 커패시터들을 포함할 수 있다.

[0237] 제1 채널에 있어서, 스위치들(504a, 506a)은 커패시터(502a)의 일측에 연결된다. 상기 스위치(504a)는 양의 기준 전압(문턱값) VREF+를 수신하도록 연결되고, 샘플 클록 신호 CLKS에 의해 컨트롤된다. 상기 양의 기준 전압 VREF+는 도 25의 차동 기준 전압 VREF의 일측과 동일하거나 유사할 수 있다. 상기 샘플 클록 신호 CLKS는 도 25의 샘플 클록 신호(480b)와 동일하거나 유사할 수 있다. 상기 스위치(506a)는 공통 모드(common mode) 또는 바이어스 전압 VCM을 수신하도록 연결되며, 재분배 클록 신호 CLKR에 의해 제어된다. 상기 재분배 클록 신호 CLKR는 도 25의 재분배 클록 신호(480a)와 동일하거나 유사할 수 있다.

[0238] 또한, 상기 제1 채널에 있어서, 스위치들(508a, 510a)은 상기 커패시터(502a)의 타측에 연결된다. 상기 스위치(508a)는 공통 모드 전압 VCM을 수신하도록 연결되고, 상기 샘플 클록 신호 CLKS에 의해 컨트롤된다. 상기 스위치(510a)는 증폭기(512)의 비반전(noninverting) 입력에 연결되고, 상기 재분배 클록 신호 CLKR에 의해 컨트롤된다.

[0239] 제2 채널에 있어서, 스위치들(504b, 506b)은 커패시터(502b)의 일측에 연결된다. 상기 스위치(504b)는 음의 기준 전압(문턱값) VREF-를 수신하도록 연결되고, 상기 샘플 클록 신호 CLKS에 의해 컨트롤된다. 상기 음의 기준 전압 VREF-는 도 25의 차동 기준 전압 VREF의 일측과 동일하거나 유사할 수 있다. 상기 스위치(506b)는 상기 공통 모드 전압 VCM을 수신하도록 연결되며, 상기 재분배 클록 신호 CLKR에 의해 컨트롤된다.

[0240] 또한, 상기 제2 채널에 있어서, 스위치들(508b, 510b)은 상기 커패시터(502b)의 타측에 연결된다. 상기 스위치(508b)는 상기 공통 모드 전압 VCM을 수신하도록 연결되고, 상기 샘플 클록 신호 CLKS에 의해 컨트롤된다. 상기 스위치(510b)는 상기 증폭기(512)의 비반전 입력에 연결되고, 상기 재분배 클록 신호 CLKR에 의해 컨트롤된다.

[0241] 제3 채널에 있어서, 스위치들(504c, 506c)은 커패시터(502c)의 일측에 연결된다. 상기 스위치(504c)는 음의 보정 신호 VCAL-를 수신하도록 연결되고, 상기 샘플 클록 신호 CLKS에 의해 컨트롤된다. 상기 음의 보정 신호 VCAL-는 도 25의 차동 출력 신호 VCAL의 일측과 동일하거나 유사할 수 있다. 상기 스위치(506c)는 상기 공통 모드 전압 VCM을 수신하도록 연결되고, 상기 재분배 클록 신호 CLKR에 의해 컨트롤된다.

[0242] 또한, 상기 제3 채널에 있어서, 스위치들(508c, 510c)은 상기 커패시터(502c)의 타측에 연결된다. 상기 스위치(508c)는 상기 공통 모드 전압 VCM을 수신하도록 연결되고, 상기 샘플 클록 신호 CLKS에 의해 컨트롤된다. 상기 스위치(510c)는 상기 증폭기(512)의 비반전 입력에 연결되고, 상기 재분배 클록 신호 CLKR에 의해 컨트롤된다.

[0243] 제4 채널에 있어서, 스위치들(504d, 506d)은 커패시터(502d)의 일측에 연결된다. 상기 스위치(504d)는 보정 신호 VCAL+를 수신하도록 연결되고, 상기 샘플 클록 신호 CLKS에 의해 컨트롤된다. 상기 양의 보정 신호 VCAL+는 도 25의 차동 출력 신호 VCAL의 일측과 동일하거나 유사할 수 있다. 상기 스위치(506d)는 상기 공통 전압 VCM을 수신하도록 연결되고, 상기 재분배 클록 신호 CLKR에 의해 컨트롤된다.

[0244] 또한, 제4 채널에 있어서, 스위치들(508d, 510d)은 상기 커패시터(502d)의 타측에 연결된다. 상기 스위치(508d)는 상기 공통 모드 전압 VCM을 수신하도록 연결되고, 상기 샘플 클록 신호 CLKS에 의해 컨트롤된다. 상기 스위치(510d)는 상기 증폭기(512)의 비반전 입력에 연결되고, 상기 재분배 클록 신호, CLKR에 의해 컨트롤된다.

[0245] 상기 제1 및 제3 채널들로부터의 출력들은 병렬이며, 상기 제2 및 제3 채널들로부터의 출력들은 병렬이다.

[0246] 상기 증폭기(512)는 차동 출력 신호(512a, 512b)를 발생시킨다.

[0247] 커패시터(514)는 상기 증폭기(512)의 비반전 입력과 상기 증폭기(512)의 양의 출력측(512a) 사이에 연결된다. 커패시터(516)는 상기 증폭기(512)의 비반전 입력 및 상기 증폭기(512)의 음의 출력측(512b) 사이에 연결된다.

[0248] 상기 스위치된 커패시터 회로(500)가 차동 적분기의 형태인 점이 이해되어야 할 것이다. 또한, 상기 스위치된 커패시터 회로(500)가 상기 재분배 클록 신호 CLKR의 주파수에 관련된 상기 제1 노치를 위한 sinx/x(sinc) 형태의 전달 함수를 제공하는 점이 이해되어야 할 것이다. 또한, 상기 스위치된 커패시터 회로(500)가 상기 재분배 클록 신호 CLKR의 주파수에 따라 컨트롤되는 단일 이득 주파수를 갖는 전달 함수를 제공하는 점이 이해되어야 할 것이다. 일반적으로, 상기 단일 이득 주파수는 상기 노치 주파수 내일 것이다.

[0249] 동작에 있어서, 상기 재분배 클록 신호 CLKR의 주파수를 변화시켜, 상기 단일 이득 주파수가 변화될 수 있다. 상기 스위치된 커패시터 회로(500)가 피드백 루프, 예를 들면, 도 25의 피드백 루프(484) 내에 사용되기 때문에, 도 25의 자기장 센서(470)의 자기 보정(또는 자기 시험)의 속도는 상기 재분배 클록 신호 CLKR의 주파수에 관련될 수 있다.

[0250] 다시 도 25를 간략하게 참조하면, 일부 응용예들에 있어서, 일부 시간들에서, 예를 들면, 상기 자기장 센서(470)에 전원이 인가된 직후의 시간들에서, 상기 자기장 센서(470)의 자기 보정(또는 자기 시험)이 신속하게 수행되는 것이 바람직하다. 상기 신속한 보정은 상기 피드백 회로 경로(474)의 대역폭을 증가시킴에 의하여, 즉, 상기 스위치된 커패시터 회로(476)의 단일 이득 주파수를 증가시켜 이루어질 수 있다. 이러한 효과는 도 27-도 31과 함께 다음에 보다 상세하게 기술된다. 그러나, 이러한 증가된 대역폭이 상기 자기장 센서(470)의 동작에 전체적으로 유지되었을 경우, 상기 자기장 센서의 해상도 및 적어도 상기 피드백 회로 경로(474)의 노이즈 성능이 저하될 수 있는 점이 이해될 것이다. 그러므로, 다른 시간들에서, 예를 들면, 상기 자기장 센서(470)가 이미 자기 보정되고(또는 자기 시험되고) 동작하는 시간들에서, 보다 작은 대역폭으로, 즉, 덜 신속하게 상기 자기장 센서(470)의 자기 보정(또는 자기 시험)을 계속하는 것이 바람직하다. 상기 덜 신속한 자기 보정(또는 자기 시험)은 상기 피드백 회로 경로(474)의 대역폭을 감소시킴에 의하여, 즉, 상기 스위치된 커패시터 회로(476)의 단일 이득 주파수를 감소시켜 이루어질 수 있다.

[0251] 이에 따라, 도 25의 클록 발생기(480)는 다른 시간들에서 다른 주파수들을 갖는 상기 재분배 클록 신호(480a)를 제공하는 데 사용될 수 있다. 일부 실시예들에 있어서, 상기 재분배 클록 신호(480a)는 상기 자기장 센서(470)에 전원이 인가된 직후의 제1 주파수 및 이후의 보다 낮은 제2 주파수를 가진다. 다른 일부 실시예들에 있어서, 상기 재분배 클록 신호(480)는 상기 자기장 센서(470)가 상기 자기장 센싱 요소들(208, 210)에 근접하는 표적 물체의 이동을 확인한 직후의 제1 주파수 및 이후의 보다 낮은 제2 주파수를 가진다.

[0252] 다른 실시예들에 있어서, 상기 자기장 센서(470)가 사용되는 응용에 따라 둘 이상의 상기 재분배 클록 신호(480a)의 주파수들이 있을 수 있다.

[0253] 도 26을 다시 참조하면, 상기 커패시터들(502a, 502b, 502c, 502d) 및 연관된 스위치들의 각 하나는 상기 자기장 센싱 요소들(208, 210)의 초핑의 많은 위상들에 따라 각각의 특정 채널 내에 복제될(병렬로) 수 있다. 또한, 상기 커패시터들(502a, 502b, 502c, 502d) 및 연관된 스위치들이 복제될 때에 동일한 회로 특성들을 유지하기 위하여, 상기 커패시터들(514, 516)의 값들이 이에 따라 크기가 조절될 수 있다. 이러한 배치들에 있어서, 상기 샘플 클록 신호 CLKS가 대신에 각기 동일한 주파수를 갖지만 각기 다른 위상을 갖는 복수의 샘플 클록 신호들이 될 수 있으며, 여기서 각각의 위상이 상기 재분배 클록에 대향하는 것으로 샘플 클록을 수신하는 각 채널을 위해 복제된 스위치들의 연관된 하나의 스위치들을 컨트롤한다. 4X 초핑 배치를 위하여, 상기 커패시터들(502a, 502b, 502c, 502d)의 각 하나가 네 가지 각 경우들에서 복제되어, 각기 4개의 스위치들에 의해 둘러싸이는 16개의 커패시터들의 결과로 된다. 2X 초핑 배치를 위하여, 상기 커패시터들(502a, 502b, 502c, 502d)의 각 하나는 두 가지 각 경우들에서 복제되어, 각기 4개의 스위치들에 의해 둘러싸이는 8개의 커패시터들의 결과로 된다.

[0254] 전술한 초핑 배치들은 앞서 언급한 2011년 8월 2일에 등록된 미국 특허 제7,990,209호에 기재되어 있다.

[0255] 도 27을 참조하면, 예시적인 피드백 루프(520)는 대응하는 두 전달 함수들 AOL 및 β를 갖는 두 회로 요소들을 가진다. 상기 피드백 루프는 도 25의 피드백 루프(484)를 나타낼 수 있고, 여기서 도 27의 출력 신호 Vo는 도 25의 신호(476a)에 대응된다. 도 25를 간략히 참조하면, 상기 전달 함수 AOL이 상기 스위치된 커패시터 회로(476)의 전달 함수에 대응되는 것으로 의도되며, 상기 전달 함수 β가 도 25의 피드백 루프(484) 내의 상기 회로들의 나머지의 전달 함수에 대응되는 것으로 의도된다.

[0256] 도 28을 참조하면, 그래프(522)는 주파수의 단위들의 임의의 단위들로의 로그자를 갖는 수평 축과 이득의 임의의 단위들로의 로그자를 갖는 수직 축을 가진다. 상기 그래프(522)는 상기 전달 함수 AOL, 즉, 도 25의 스위치된 커패시터 회로(476)의 이득만을 나타낸다.

[0257] 상기 스위치된 커패시터 회로는 AOL의 최대 이득, 핀테그레이터(fintegrator)의 단일 이득 주파수 및 AOL에 의해 나누어진 핀테그레이터의 코너(corner) 주파수를 가진다. 일부 실시예들에 있어서, 상기 이득 AOL은 약 100 dB(즉, 100,000)이고, 상기 단일 이득 주파수는 약 100Hz이며, 상기 코너 주파수는 100,000으로 나누어진 약 100Hz이다. 상기 스위치된 커패시터 회로(476)가 완전 적분기였을 경우, 그러면 AOL은 무한할 수 있다. 그러나, 무한한 이득은 실현 가능하지 않다. 약 80dB으로부터 약 120dB까지의 AOL의 범위가 사용될 수 있다.

[0258] 도 29를 참조하면, 그래프(524)는 주파수의 임의의 단위들로의 로그자를 갖는 수평 축과 이득의 임의의 단위들로의 로그자를 갖는 수직 축을 가진다. 상기 그래프(524)는 상기 전달 함수 β, 즉, 도 25의 피드백 루프(484) 내의 다른 회로 요소들의 이득을 나타낸다.

[0259] 결합된 다른 회로 요소들은 β의 최대 이득 및 fβ의 코너 주파수를 가진다. 일부 실시예들에 있어서, 상기 이득 β는 약 0dB(즉, 1)이고 상기 코너 주파수는 약 100㎑이다.

[0260] 도 30을 참조하면, 그래프(526)는 주파수의 단위들의 임의의 단위들로의 로그자를 갖는 수평 축과 루프 이득의 임의의 단위들로의 로그자를 갖는 수직 축을 가진다. 상기 그래프(526)는 상기 전달 함수들 AOL 및 β의 산물, 즉, 도 25의 피드백 회로(484) 및 도 27의 피드백 회로(520)의 루프 이득을 나타낸다.

[0261] 상기 그래프(530)는, 예를 들면, 도 25의 자기장 센서(470)의 시동의 시간에서 시작되는 제1 시간 간격 동안의 도 25의 피드백 회로(484)의 루프 이득을 나타낸다. 그러나, 상기 그래프(530)는 도 25의 피드백 회로(484)의 주파수 반응의 일부만을 나타낸다. 특히, 상기 그래프(530)는 상기 sinx/x(재분배/샘플링) 부분 없이 상기 전달 함수를 보여주며, 이로부터의 노치가 상기 그래프(530) 내에 나타낸 바보다 높은 주파수에 있을 수 있다.

[0262] 상기 피드백 루프는 AOL β배의 개방 루프 이득, β배의 핀테그레이터의 단일 이득 주파수 및 AOL로 나누어진 β배의 핀테그레이터의 코너 주파수를 가진다. β가 약 1인 일부 실시예들에 있어서, 상기 개방 루프 이득은 약 100dB(즉, 100,000)이고, 상기 단일 이득 주파수는 약 100Hz이며, 상기 코너 주파수는 100,000으로 나누어진 약 100Hz이다.

[0263] 상기 주파수 fβ에서, 상기 주파수 fβ에서 일어나는 도 29의 그래프(524)의 극(pole)은 상기 전달 함수(532) 기울기를 변화시키고 추가적인 위상 이동을 진행하는 겪는 상기 전달 함수(532)를 야기한다. 도 27의 피드백 루프(520) 또는 도 25의 피드백 루프(484)가 추가적인 위상 이동이 초래되는 주파수 fβ에서 적어도 45도의 위상 마진(margin)을 갖도록 하기 위하여, 상기 이득은 도시된 바와 같이 0dB보다 낮아야 한다.

[0264] 상기 그래프(530)를 도 25의 그래프(522)와 비교할 경우, 상기 그래프(530)의 단일 이득 주파수가 도 28에 나타낸 바와 같이 도 25의 스위치된 커패시터 회로(476)에 의해 및 특히 상기 재분배 클록 신호(480a)의 주파수에 의해 컨트롤되는 핀테그레이터에 관련되는 점이 이해될 것이다. 따라서, 상기 스위치된 커패시터 회로(476)의 단일 이득 주파수를 변화시켜, 상기 피드백 루프(484)의 루프 이득이 이에 따라 변화될 수 있다.

[0265] 도 31을 참조하면, 그래프(540)는 주파수의 단위들의 임의의 단위들로의 로그자를 갖는 수평 축과 이득의 임의의 단위들로의 로그자를 갖는 수직 축을 가진다.

[0266] 상기 그래프(540)는 제2 시간 간격 동안, 예를 들면, 도 30과 함께 전술한 상기 제1 시간 간격 후의 도 25의 피드백 회로(484)의 개방 루프 이득을 나타낸다. 도 30에서와 같이, 상기 그래프(540)는 도 25의 피드백 회로(484)의 개방 루프 이득의 일부만을 나타낸다. 특히, 상기 전달 함수(540)는 상기 sinx/x(재분배/샘플링) 부분없이 상기 전달 함수를 보여주며, 이로부터의 노치는 상기 그래프(540) 내에 나타낸 바보다 높은 주파수에 있을 수 있다.

[0267] 상기 그래프(540)에 있어서, 상기 단일 이득 주파수는 도 25의 재분배 클록 신호(480a)의 주파수를 변화시킴에 의해 도 30의 그래프(530)로부터 변경된다. 일부 실시예들에 있어서, 상기 개방 루프 이득은 약 100dB(즉, 100,000)이고, 상기 개방 루프 단일 이득 주파수는 약 30Hz이며, 상기 개방 루프 코너 주파수는 100,000으로 나누어진 약 30Hz이다.

[0268] 도 25와 동일한 요소들에 대해서는 동일한 참조 부호들로 나타낸 도 32를 참조하면, 다른 예시적인 자기장 센서(560)는 일차 회로 경로(562)를 포함할 수 있으며, 이는 도 25의 일차 회로 경로(472)와 동일하거나 유사할 수 있다. 그러나 여기서, 상기 일차 회로 경로(562)는 상기 sinc 필터(222)없이 도시된다. 또한, 상기 스위칭 회로(204)가 바이패스(bypass)이고 상기 코일 전류는 도 13에서와 같이 제로로 설정된다.

[0269] 도 32를 도 25와 비교할 경우, 상기 sinc 필터(222)가 도 32에 나타나지 않는 점에 유의해야 할 것이다. 상기 sinc 필터(222)는 도 32의 피드백의 동작에 의해 이미 제거된 오프셋 성분들을 감소시키려는 경향이 있다. 그러나, 상기 자기장 센서(560)의 다른 실시예들에서, 상기 sinc 필터(222)가 포함될 수 있다. 유리하게는, 상기 sinc 필터(222)의 제거는 보다 빠른 자기장 센서의 결과로 될 수 있다.

[0270] 상기 자기장 센서(560)는 도 25의 피드백 회로 경로(474)와 다른 피드백 회로 경로(564)를 포함한다. 상기 피드백 회로 경로는 피드백 루프(584)에 포함되며, 이는 또한 상기 증폭기(216)를 포함한다.

[0271] 상기 피드백 회로 경로(564)는 상기 신호 C를 직접 통과시키도록 배치되는 피드 스루 회로(feed through circuit)(574)를 포함할 수 있다. 신호 C'인 오프셋 전압 Voff는 상기 자기장 센서(560)로부터의 추력 신호로서 도출된다. 일부 실시예들에 있어서, 상기 출력 신호 Voff는 상기 자기장 센서(560)에 대해 내부에 있고 자기 보정 신호로 사용된다. 다른 실시예들에 있어서, 상기 출력 신호 Voff는 상기 자기장 센서(470)의 외측에 제공되는 자기 시험 신호로 사용될 수 있다. 상기 출력 신호 Voff가 적절하고 고정된 상태 조건들 하에서 제로에 접근하는 점이 이해될 것이다.

[0272] 상기 자기장 센서(560)는 스위치된 커패시터 회로(566)를 포함할 수 있다. 상기 스위치된 커패시터 회로(566)는 도 25의 스위치된 커패시터 회로(476)와 동일하거나 유사할 수 있다. 그러나 여기서, 상기 스위치된 커패시터 회로(566)는 도 25의 보정 신호 VCAL 대신에 상기 오프셋 전압 신호 Voff를 수신하도록 연결되며, 상기 기준 신호 VREF는 제로로 설정된다.

[0273] 상기 자기장 센서(560)는 클록 신호들(570a, 570b)을 발생시키도록 구성되는 클록 발생기(570)를 갖는 컨트롤 회로(568)를 포함할 수 있다. 상기 컨트롤 회로(568), 상기 클록 발생기(570) 및 상기 클록 신호들(570a, 570b)은 도 25의 컨트롤 회로(478), 클록 발생기(480) 및 클록 신호들(480a, 480b)과 동일하거나 유사할 수 있다.

[0274] 상기 스위치된 커패시터 회로(566)는 여기서는 신호 C''라고도 언급되는 출력 신호(566a)를 발생시키도록 구성된다. 다음의 논의로부터, 상기 출력 신호(566a)(C'')뿐만 아니라 상기 필터(226)에 의해 발생되는 상기 출력 신호 Voff(C')가 도 16의 신호와 유사한 점이 이해될 것이다. 그러나, 상기 신호들 C', C''는 상기 필터(226)에 의해 제공되는 추가적인 필터링을 포함한다. 따라서 DC 위의 주파수 성분들이 감소할 것이다.

[0275] 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기장 센서(560)는 2X 초핑으로 동작한다. 도 1a에서, 그래프(32)는 2X 초핑이 사용될 때에 도 1의 증폭기(16) 후에(및 도 32의 증폭기(216) 후에), 상기 신호 C를 나타낸다. 상기 2X 초핑은 DC에서 오프셋 성분만을 가져온다. 이러한 성분은 상기 피드백 회로 경로(564)에 의해 제거될 수 있다. 상기 신호들 C', C''는 도 1a의 그래프(32)의 경우와 유사한 DC 부분들을 가질 수 있다. 상기 피드백 회로가 일정한 상

태에 도달한 후, 상기 신호들 C, C'의 DC 부분은 제로가 된다.

[0276] 일부 선택적인 실시예들에 있어서, 상기 자기장 센서(560)는 4X 초핑으로 동작한다. 도 16은 4X 초핑이 사용될 때에 도 12, 도 13 및 도 32의 증폭기(216) 후에 상기 신호 C를 나타낸다. 상기 4X 초핑은 추가적인 오프셋 성분을 가져온다. 4X 초핑을 사용하는 실시예들은 상기 추가적인 오프셋 성분을 제거하도록 추가 회로부(도시되지 않음)를 요구한다.

[0277] 상기 자기장 센서(560)는 상기 출력 신호(566a)를 수신하도록 연결되고 오프셋 컨트롤 신호(572a)를 발생시키도록 구성되는 인터페이스 회로(572)를 포함할 수 있다. 상기 증폭기(216)는 상기 오프셋 컨트롤 신호(572a)를 수신하도록 연결될 수 있다. 이러한 배치로써, 상기 오프셋 컨트롤 신호(572a)는 상기 일차 회로 경로(562)로부터의 오프셋 전압을 감소시키거나 소거할 수 있다.

[0278] 상기 자기장 센서(560)에 있어서, 상기 스위치된 커패시터 회로(566)는 도 25-도 31과 함께 전술한 적어도 둘의 상기 단일 이득 대역폭들로 동작할 수 있다.

[0279] 일부 실시예들에 있어서, 상기 회로(574)가 소거될 수 있고, 직선 스루 경로들이 그 위치에 제공될 수 있는 점이 인식되어야 할 것이다.

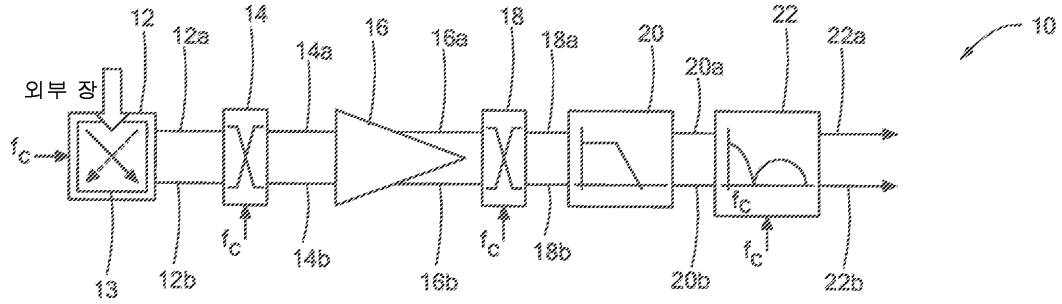
[0280] 또한, 단일 통합된 자기장 센서가 도 25의 자기장 센서(470)의 이득(즉, 감도) 보정 특징들과 도 32의 자기장 센서(560)의 오프셋 보정 특징들을 가질 수 있는 점도 이해되어야 할 것이다. 이들 실시예들에 있어서, 회로는 일부 시간들에서 회로(574)로 도시한 바와 같은 상기 피드 스루 회로로 동작하거나, 다른 시간들에서 도 25의 스위칭 회로(224)로 동작하도록 상기 자기장 센서의 동작 동안에 변경될 수 있다. 이들 실시예들에 있어서, 바이어스 회로(482)를 갖는 도 2의 스위치된 커패시터 회로(476)와 상기 인터페이스 회로(572)와 함께 도 32의 스위치된 커패시터 회로(566) 모두를 가지는 것이 유리하다. 따라서, 일부 실시예들에서, 자기장 센서는 도 25의 회로 토폴로지(topology)와 함께 도 32의 회로 토폴로지를 제공할 수 있다. 이러한 결합된 배치는 결합된 자기장 센서의 감도의 자기 보정(또는 자기 시험)과 오프셋 전압의 자기 보정(또는 자기 시험)도 제공할 수 있다.

[0281] 여기서 언급되는 모든 참고 문헌들은 그 개시 사항들이 참조로 여기에 포함된다.

[0282] 상술한 바에서는 본 발명의 주제인 다양한 개념들, 구조들 및 기술들을 예시하는 바람직한 실시예들을 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 이들 개념들, 구조들 및 기술들을 포괄하는 다른 실시예들도 수행 가능한 점이 명백할 것이다. 따라서 본 발명의 범주가 기술된 실시예들에 한정되는 것은 아니며, 다음의 특허 청구 범위의 사상과 범주에 의해 한정되는 것으로 이해되어야 할 것이다.

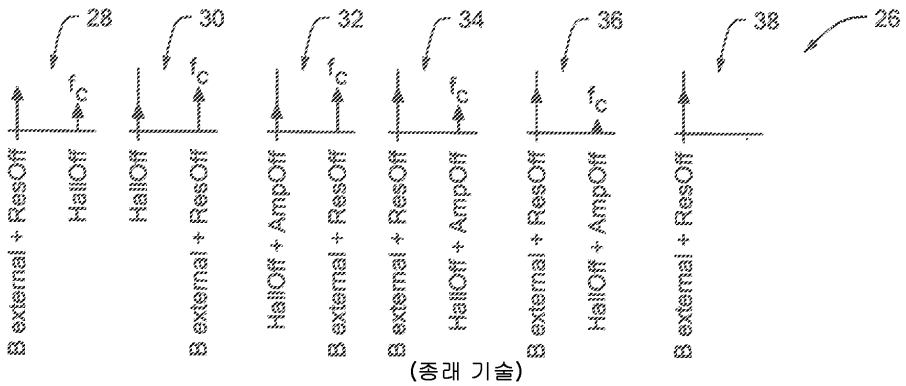
도면

도면1



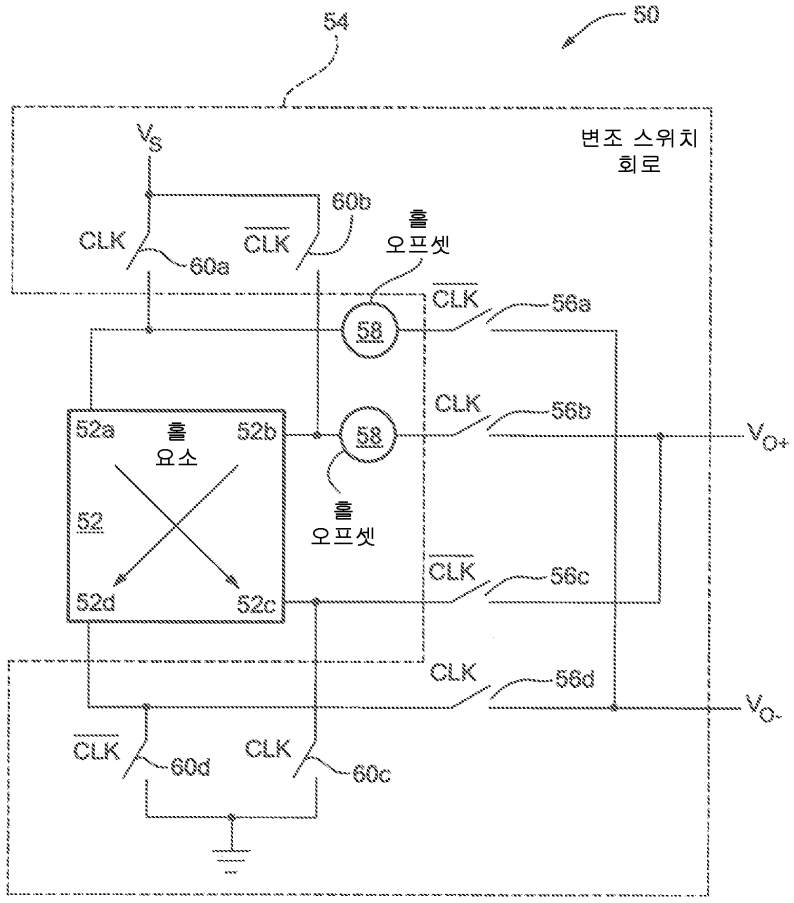
(종래 기술)

도면1a



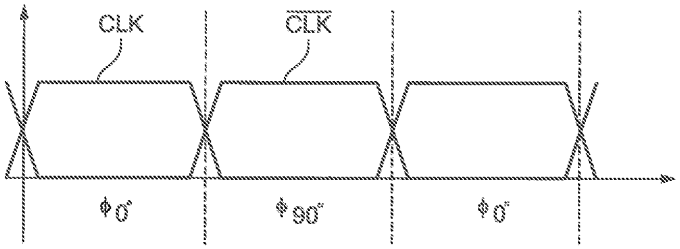
(종래 기술)

도면2



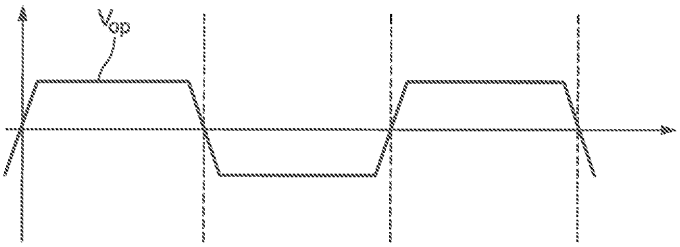
(종래 기술)

도면2a



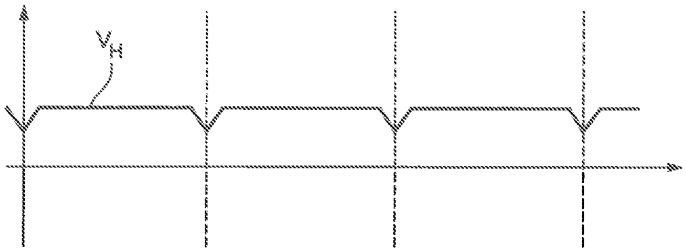
(종래 기술)

도면2b



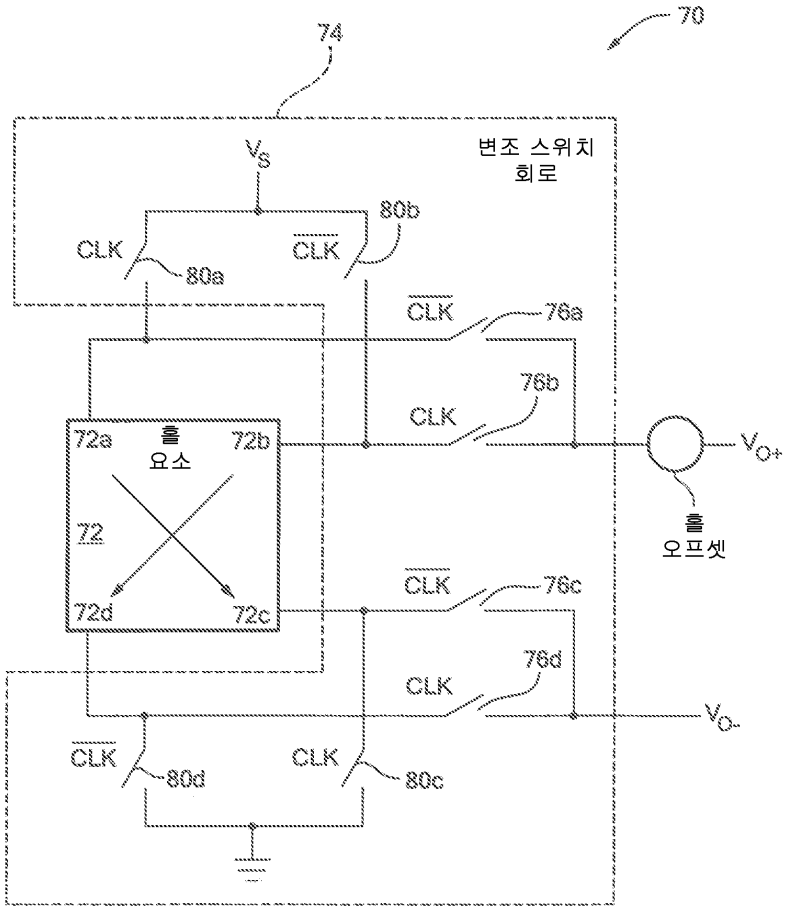
(종래 기술)

도면2c



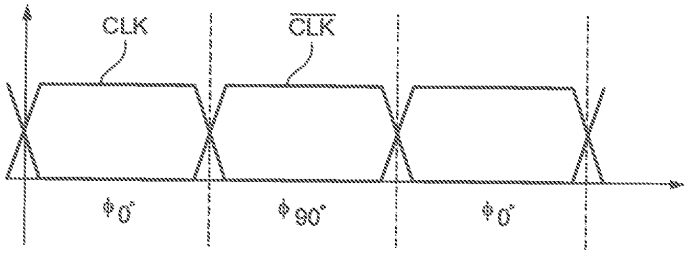
(종래 기술)

도면3



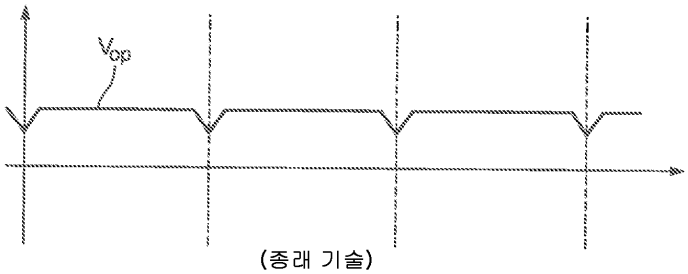
(종래 기술)

도면3a



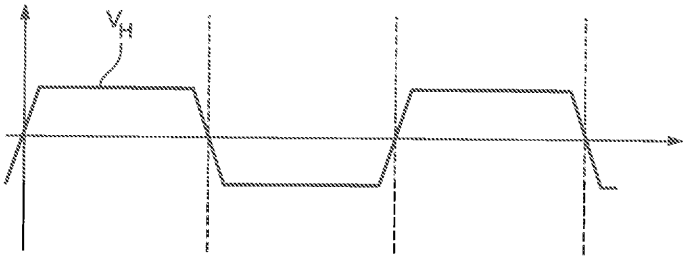
(종래 기술)

도면3b



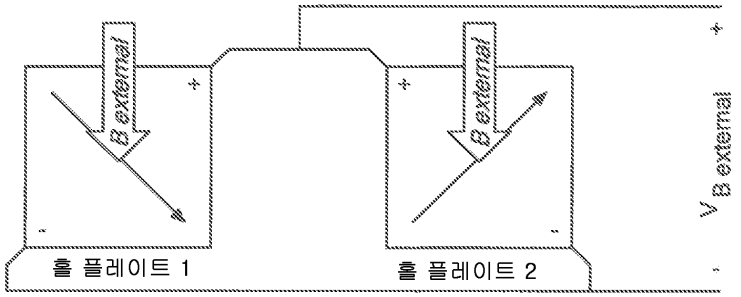
(종래 기술)

도면3c

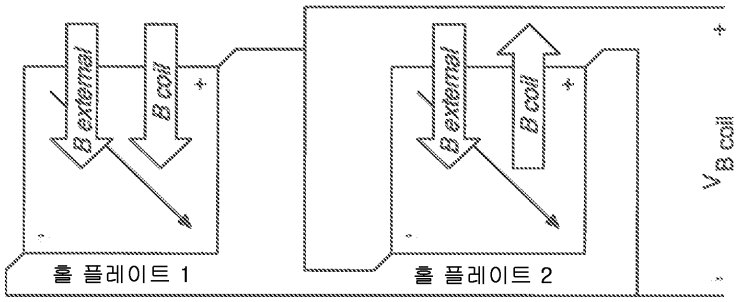


(종래 기술)

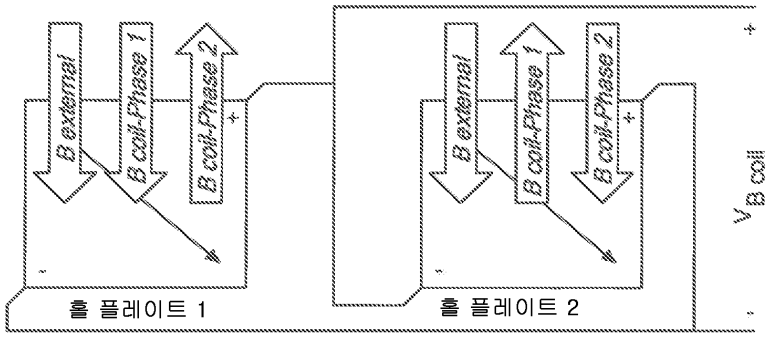
도면4



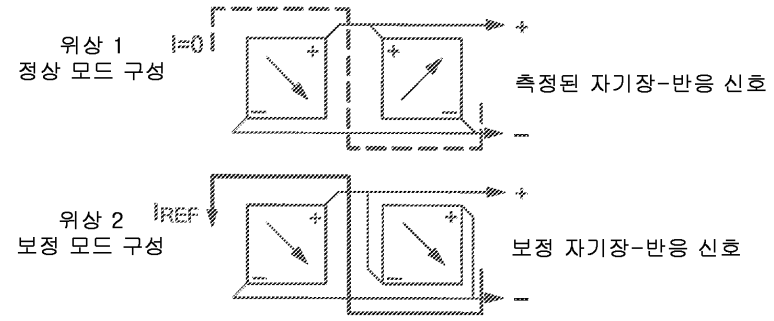
도면5



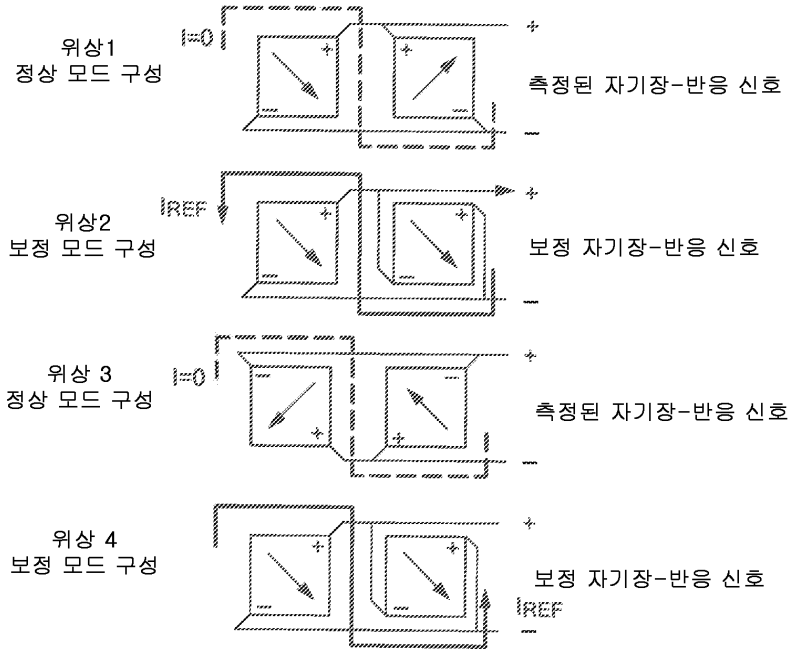
도면5a



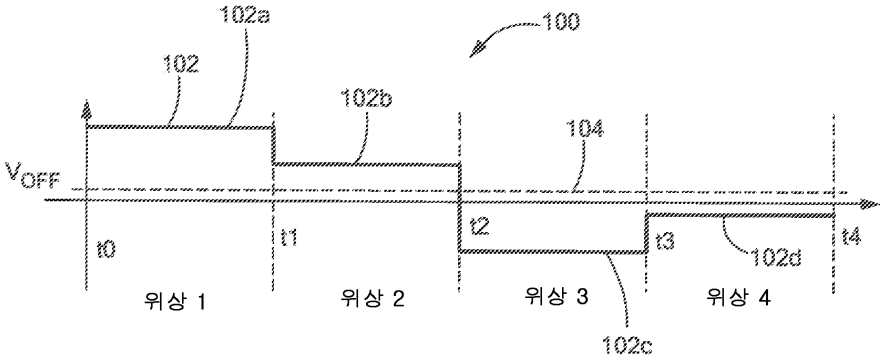
도면6


위상 1
정상 모드 구성
I=0
측정된 자기장-반응 신호
위상 2
보정 모드 구성
IREF
보정 자기장-반응 신호

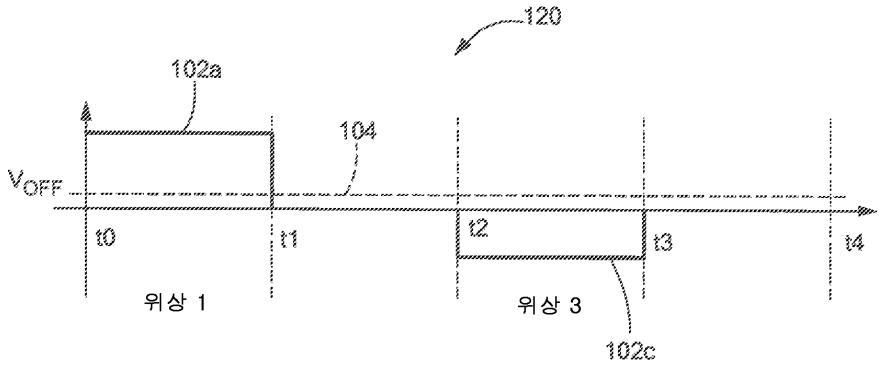
도면7


위상1
정상 모드 구성
I=0
측정된 자기장-반응 신호
위상2
보정 모드 구성
IREF
보정 자기장-반응 신호
위상 3
정상 모드 구성
I=0
측정된 자기장-반응 신호
위상 4
보정 모드 구성
보정 자기장-반응 신호
IREF

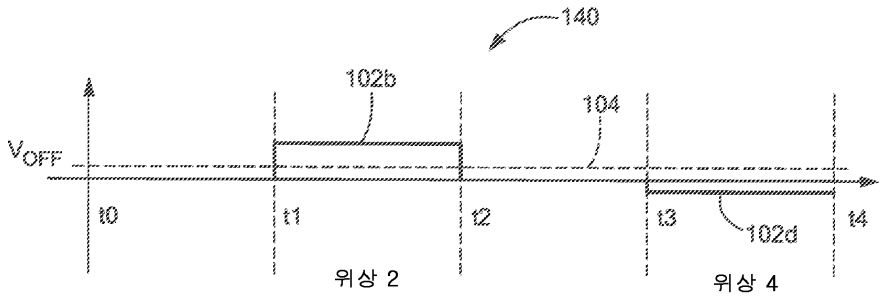
도면8


102a
100
102
102b
104
VOFF
t0
t1
t2
t3
t4
102d
위상 1
위상 2
위상 3
위상 4
102c

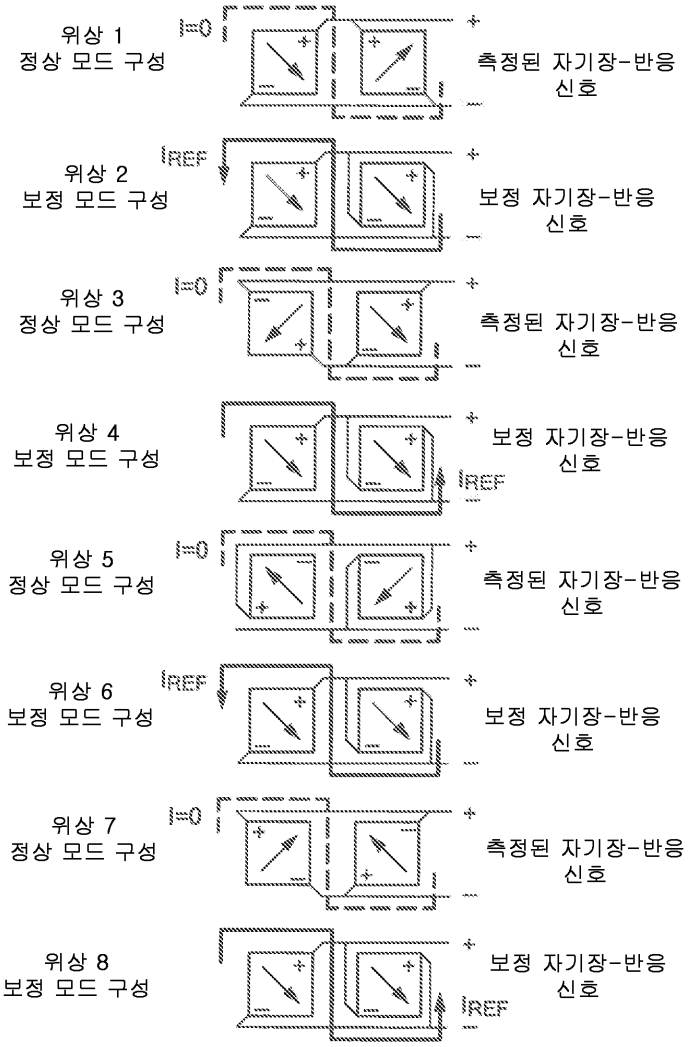
도면9


120
102a
104
V_{OFF}
t0
t1
t2
t3
t4
위상 1
위상 3
102c

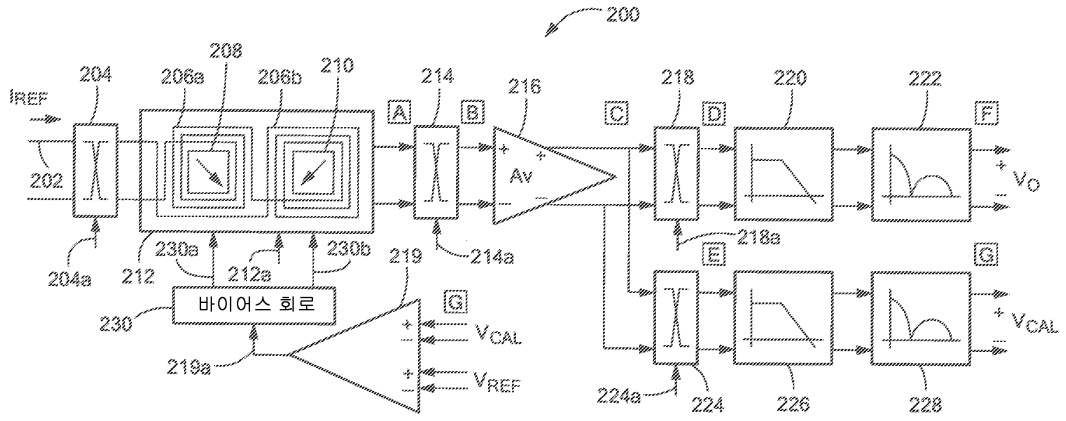
도면10


140
102b
104
V_{OFF}
t0
t1
t2
t3
t4
102d
위상 2
위상 4

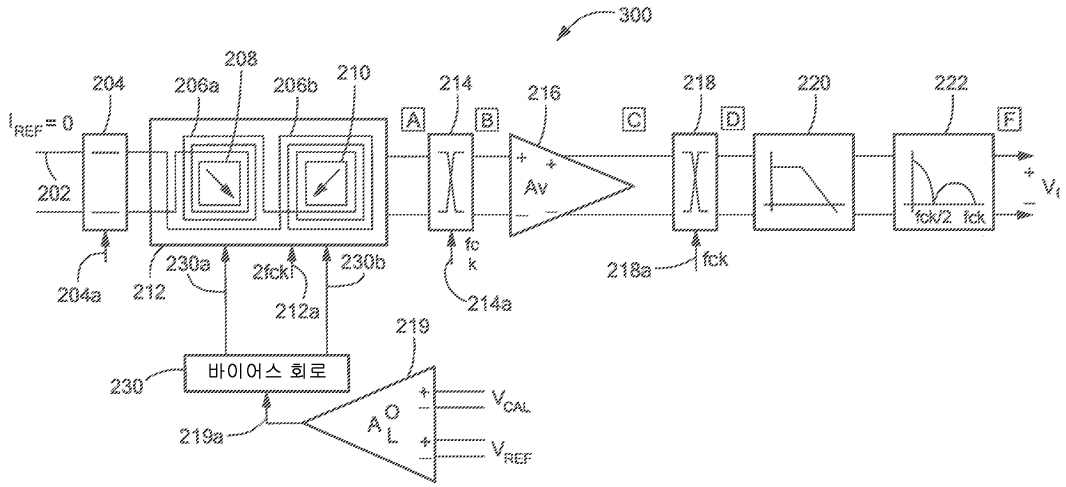
도면11


위상 1
정상 모드 구성
I=0
측정된 자기장-반응 신호
위상 2
보정 모드 구성
IREF
보정 자기장-반응 신호
위상 3
정상 모드 구성
I=0
측정된 자기장-반응 신호
위상 4
보정 모드 구성
보정 자기장-반응 신호
IREF
위상 5
정상 모드 구성
I=0
측정된 자기장-반응 신호
위상 6
보정 모드 구성
IREF
보정 자기장-반응 신호
위상 7
정상 모드 구성
I=0
측정된 자기장-반응 신호
위상 8
보정 모드 구성
보정 자기장-반응 신호
IREF

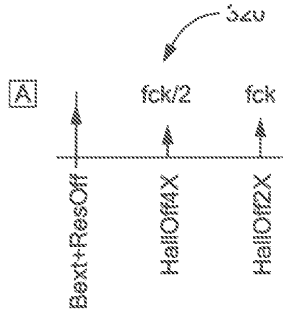
도면12


200
IREF
202
204
204a
206a
206b
208
210
212
212a
214
214a
216
218
218a
219
219a
220
222
224
224a
226
228
230
230a
230b
A
B
C
D
E
F
G
Av
바이어스 회로
VCAL
VREF
VO

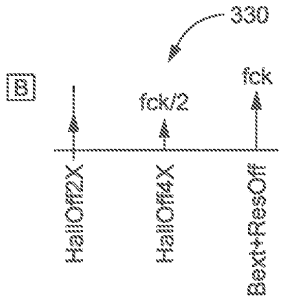
도면13



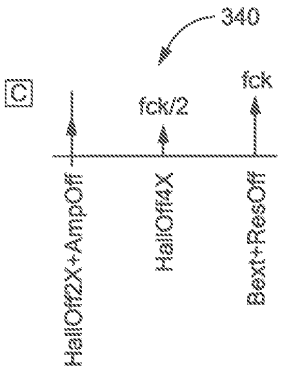
도면14



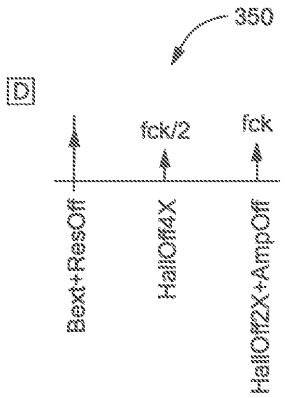
도면15



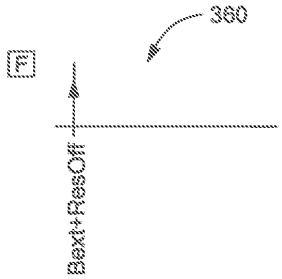
도면16



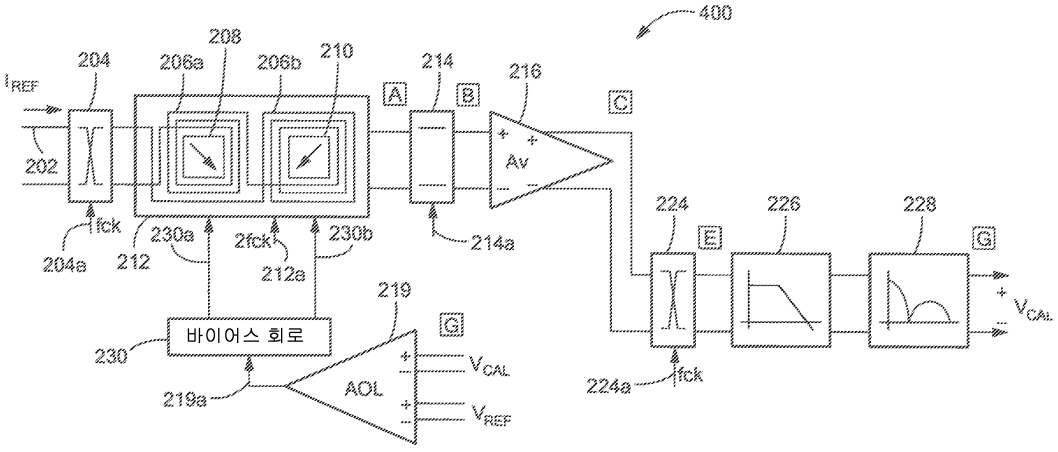
도면17



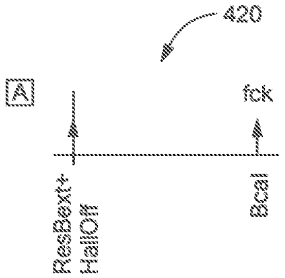
도면18



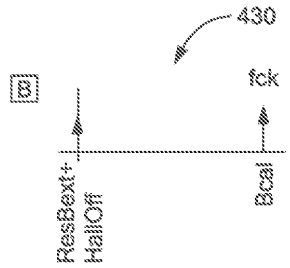
도면19



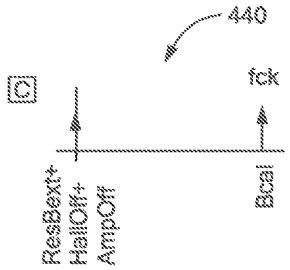
도면20



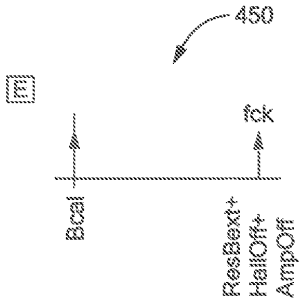
도면21



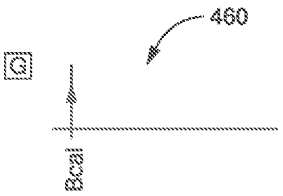
도면22



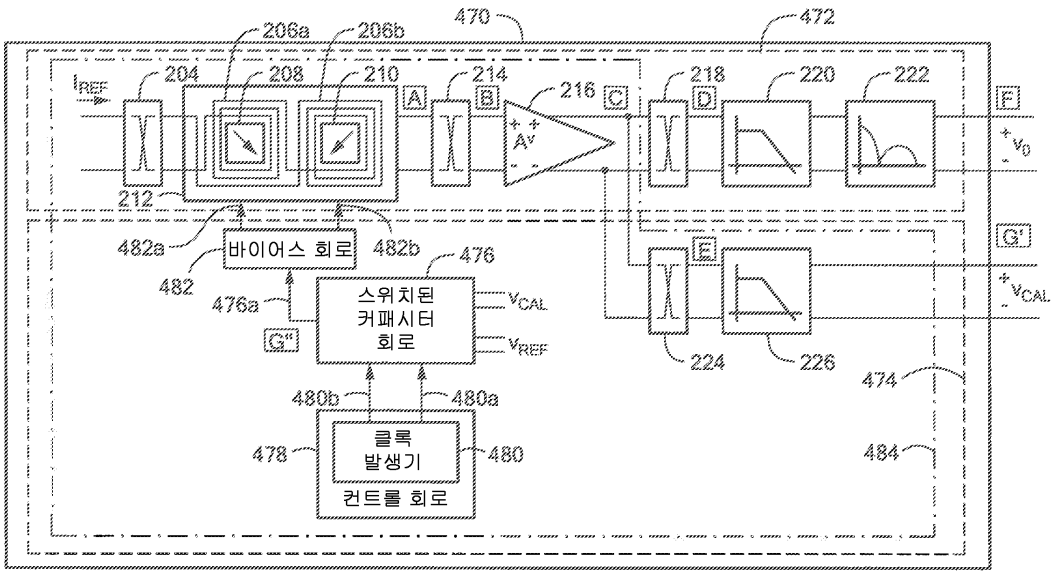
도면23



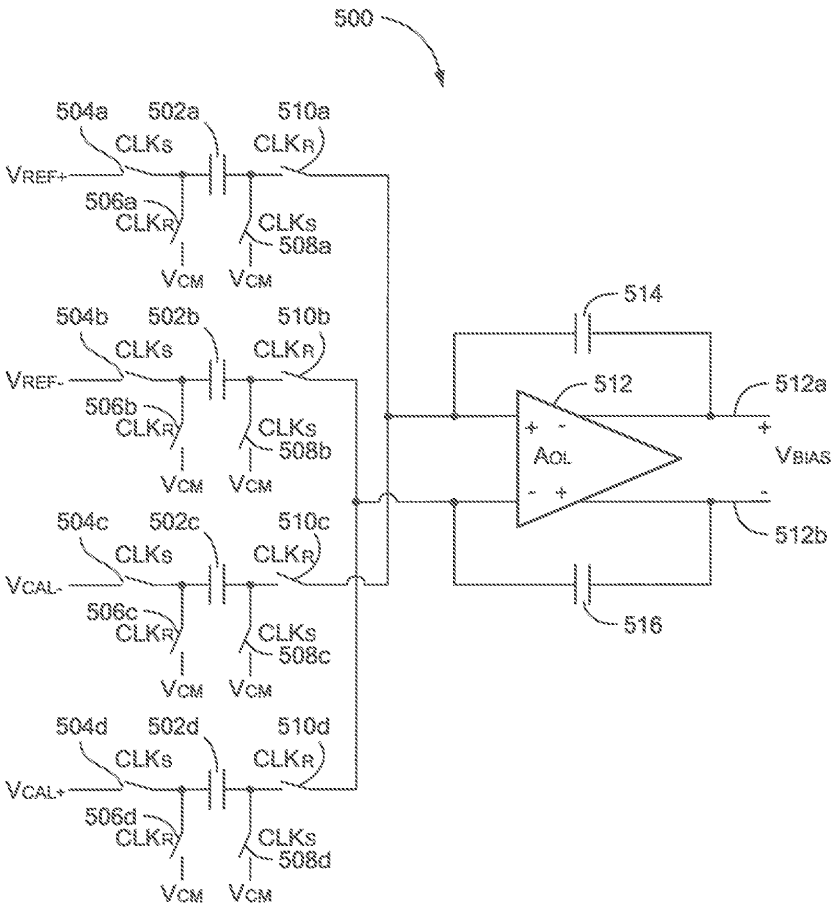
도면24



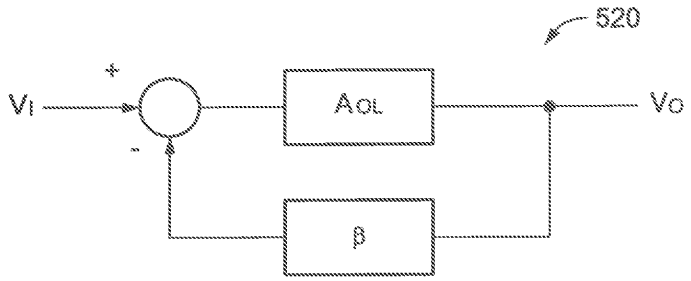
도면25


470
472
206a
206b
204
208
210
214
216
218
220
222
IREF
A
B
C
D
E
F
G'
G''
212
482a
482b
482
476
476a
바이어스 회로
스위치된
커패시터
회로
VCAL
VREF
224
226
474
480b
480a
478
클록
발생기
480
484
컨트롤 회로

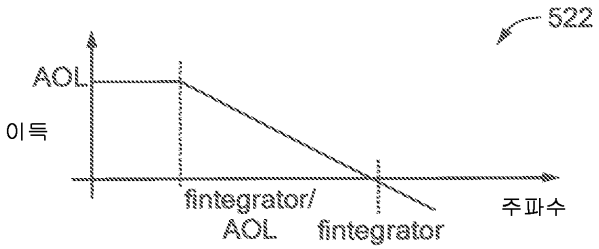
도면26


500
504a
502a
510a
CLKs
CLKR
VREF+
506a
508a
VCM
504b
502b
510b
VREF-
506b
508b
504c
502c
510c
VCAL-
506c
508c
504d
502d
510d
VCAL+
506d
508d
514
512
512a
AOL
VBIAS
512b
516

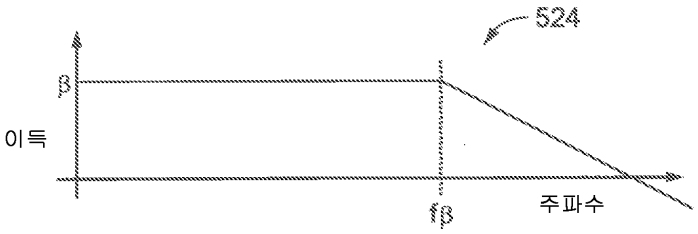
도면27



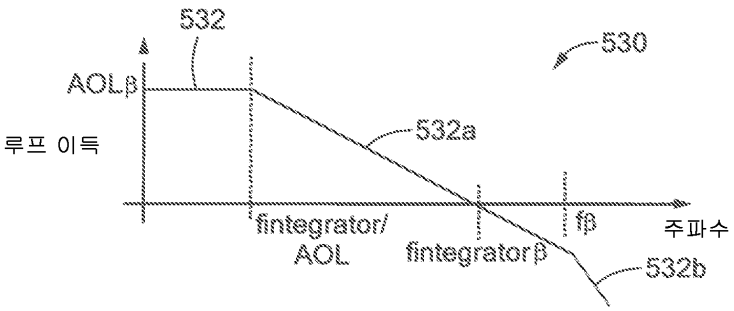
도면28



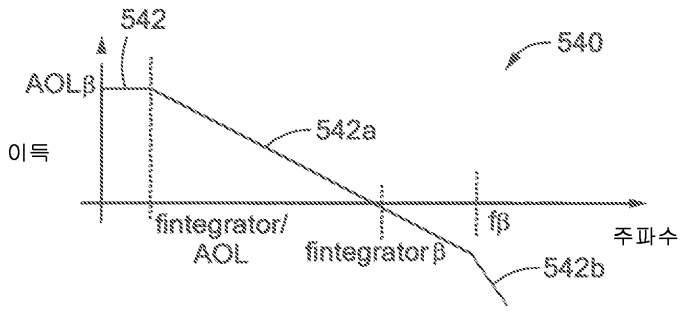
도면29



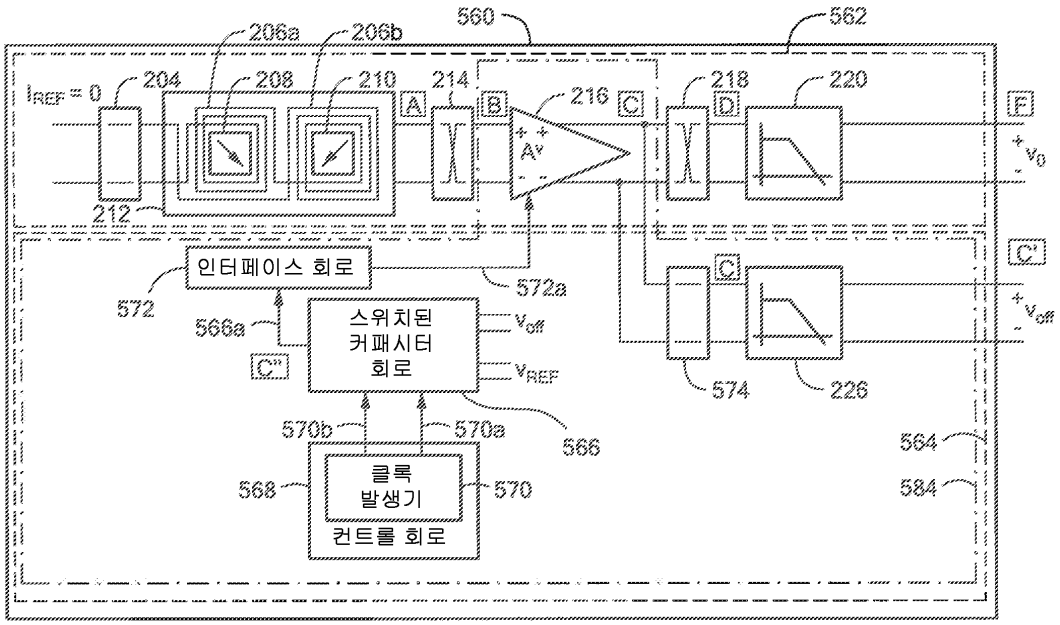
도면30



도면31


542
540
AOLβ
542a
이득
fintegrator/
AOL
fintegratorβ
fβ
주파수
542b

도면32


560
562
206a
206b
I_{REF} = 0
204
208
210
214
216
218
220
A
B
C
D
F
A^v
v_0
212
인터페이스 회로
572
572a
566a
스위치된
커패시터
회로
v_{off}
v_{REF}
C"
C'
C
v_{off}
574
226
570b
570a
566
564
568
클록
발생기
570
584
컨트롤 회로